



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**ΗΚΓ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΕΠΙΔΕΙΞΗΣ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΗΚΓ**

ΠΑΝΤΑΖΗ ΙΩΑΝΝΑ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Υπεύθυνος
Γκανέτσος Θεόδωρος
Αναπληρωτής Καθηγητής**

Λαμία, 2009

Εξεταστική επιτροπή:

- I. Γκανέτσος Θεόδωρος, Αναπληρωτής καθηγητής (επιβλέπων)
- II. Μαγκλογιάννης Ηλίας, Επίκουρος Καθηγητής
- III. Πλαγιανάκος Βασίλειος, Επίκουρος καθηγητής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το κεντρικό θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της συσκευής καταγραφής των ηλεκτροκαρδιογραφημάτων, του ηλεκτροκαρδιογράφου, και η επίδειξη της λειτουργίας του. Είναι αναγκαίο να αναλύσουμε την ανατομία και τη φυσιολογία της καρδιάς προκειμένου να γνωρίσουμε καλύτερα τον τρόπο με τον οποίο παράγει τα ηλεκτρικά δυναμικά, τα οποία καταγράφονται από τον ηλεκτροκαρδιογράφο κατά τη λειτουργία της. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι ηλεκτροκαρδιογραφικές απαγωγές που έχουν επικρατήσει στον τομέα της ιατρικής και με τις οποίες επιτυγχάνεται η σύνδεση των ηλεκτροδίων του ηλεκτροκαρδιογράφου με το ανθρώπινο σώμα για την παραγωγή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος. Επιπλέον, γίνεται επίδειξη της λειτουργίας του ηλεκτροκαρδιογράφου και παρουσιάζονται οι διάφορες επιλογές κατά τη χρήση του καθώς και προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν κατά τη λειτουργία του.

Το ηλεκτροκαρδιογράφημα δίνει σημαντικές πληροφορίες στους γιατρούς για μηχανικά και κυκλοφορικά προβλήματα της καρδιάς και αποτελεί το βασικότερο μέσο ελέγχου της, γι' αυτό και κρίνεται απαραίτητη η σωστή χρήση του ηλεκτροκαρδιογράφου και η μείωση των πιθανοτήτων να ενισχύονται κοινά σήματα κατά τη λειτουργία του.

Λέξεις Κλειδιά: ηλεκτροκαρδιογράφος, καρδιά, ηλεκτροκαρδιογραφικές απαγωγές

ABSTRACT

The focal point of this diploma essay is the study of the device which records electrocardiograms, the electrocardiograph, and the demonstration of its operation. It is necessary to analyze the anatomy and the physiology of heart in order to be aware of the way that heart produces electric dynamics, which are recorded by the electrocardiograph during heart function. In succession, electrocardiographic leads that have prevailed in the medicine field are presented and by which the connection of electrodes of the electrocardiograph with the human body for the production of electrocardiogram is achieved. Furthermore, there is a demonstration of the way electrocardiograph operates and various choices of its use are presented as well as issues that may show up during its use.

The electrocardiogram provides doctors with significant information about mechanical and circulatory heart trouble and constitutes the most important mean of controlling it, therefore is considered essential the appropriate use of the electrocardiograph and the reduction of probabilities common signals are strengthened during its operation.

Key words: electrocardiograph, heart, electrocardiographic leads

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ABSTRACT.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
 Κεφάλαιο 1	
ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ.....	7
1.1 ΤΟ ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	7
1.2 Η ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ.....	7
1.3 ΠΕΡΙΚΑΡΔΙΑΚΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ.....	8
1.4 ΟΙ ΚΟΙΛΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ.....	9
1.5 ΟΙ ΚΟΛΠΟΙ ΚΑΙ ΟΙ ΚΟΙΛΙΕΣ	9
1.6 ΟΙ ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ.....	10
 Κεφάλαιο 2	
ΤΟ ΜΥΟΚΑΡΔΙΟ.....	11
2.1 Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΜΥΟΚΑΡΔΙΟΥ.....	11
2.1.1 Δυναμικά δράσης στον καρδιακό μυ.....	11
2.1.2 Ταχύτητα αγωγής στο μυοκάρδιο και η ανερέθιστη περίοδος του.....	12
2.2 Ο ΚΑΡΔΙΑΚΟΣ ΠΑΛΜΟΣ.....	13
2.2.1 Η συστολή και η διαστολή.....	14
2.2.2 Οι κόλποι ως αντλίες.....	15
2.2.3 Τα κύματα a, c και v.....	15
2.2.4 Η αντλητική λειτουργία των κοιλιών-Πλήρωση των κοιλιών.....	15
2.2.5 Εκκένωση των κοιλιών κατά τη διάρκεια της συστολής.....	16
2.2.6 Τελοδιαστολικοί και τελοσυστολικοί όγκοι των κοιλιών.....	17
2.2.7 Η λειτουργία των βαλβίδων.....	17
2.2.8 Καρδιακός όγκος παλμού.....	17
2.2.9 Το μηχανικό έργο της καρδιάς και απόδοση της καρδιακής συστολής... ..	18
2.3 Η ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	18
2.3.1 Ο νόμος της καρδιάς των Frank – Starling.....	18
2.3.2 Αδυναμία της αύξησης της αρτηριακής πίεσης να μεταβάλει τον όγκο Παλμού.....	19
2.3.3. Η επίδραση της καρδιακής συχνότητας στην αντλητική λειτουργία της Καρδιάς.....	20
2.3.4 Η επίδραση της θερμότητας στην καρδιά.....	20
2.4 Η ΡΥΘΜΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ.....	20
2.4.1 Το ειδικό σύστημα παραγωγής και αγωγής της διέγερσης.....	21
2.4.2 Ο φλεβόκομβος.....	21
2.4.3 Ο κολποκοιλιακός κόμβος και η καθυστέρηση της αγωγής της διέγερσης.....	21
2.4.4 Η αγωγή της διέγερσης μέσα από το σύστημα Purkinje.....	23
2.4.5 Η αγωγή της διέγερσης μέσα από το κολποκοιλιακό δεμάτιο.....	23
2.4.6 Η κατανομή των ινών Purkinje στις κοιλίες.....	24
2.4.7 Η αγωγή της διέγερσης της καρδιάς μέσα στο μυοκάρδιο των κοιλιών..	24
2.4.8 Ο μηχανισμός επέκτασης της ηλεκτρικής διέγερσης της καρδιάς.....	25
2.5 Η ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΡΔΙΑ.....	26
2.5.1 Ο φλεβόκομβος ως βηματοδότης της καρδιάς.....	26
2.5.2 Παθολογικοί βηματοδότες - Ο ετερότοπος βηματοδότης.....	26
2.5.3 Ο ρόλος του συστήματος Purkinje για τη σύγχρονη συστολή του μυοκαρδίου των κοιλιών.....	27

Κεφάλαιο 3	
ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑ.....	28
3.1 ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑ.....	28
3.1.1 Τα είδη του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.....	28
3.2 ΤΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑ.....	30
3.2.1 Τα χαρακτηριστικά του φυσιολογικού ηλεκτροκαρδιογραφήματος.....	31
3.2.2 Κύματα εκπόλωσης και κύματα επαναπόλωσης	31
3.2.3 Η βαθμονόμηση του ΗΚΓ ως προς την ηλεκτρική τάση και το χρόνο	35
3.2.4 Οι φυσιολογικές ηλεκτρικές τάσεις στο ΗΚΓ	35
3.3 Η ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑ.....	36
3.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ.....	37
3.4.1 Κακή λήψη του ηλεκτροκαρδιογραφήματος	38
 Κεφάλαιο 4	
ΑΠΑΓΩΓΕΣ.....	40
4.1 Ηλεκτροκαρδιογραφικές απαγωγές.....	40
4.2 Καταγραφή των διεγέρσεων	40
4.3 ΤΡΕΙΣ ΒΑΣΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	43
4.4 Κλασικές διπολικές απαγωγές.....	44
4.4.1 Το τρίγωνο Einthoven	45
4.4.2 Ο νόμος του Einthoven	45
4.4.3 Φυσιολογικά ΗΚΓ που λαμβάνονται με τις κλασικές διπολικές απαγωγές	46
4.5 Οι ενισχυμένες μονοπολικές απαγωγές άκρων	47
4.6 Οι προκάρδιες (θωρακικές) απαγωγές.....	48
4.6.1 Τοποθέτηση ηλεκτροδίων στις προκάρδιες απαγωγές.....	49
4.6.2 Πως εντοπίζεται το τέταρτο μεσοπλεύριο διάστημα	49
4.7 ΤΟ ΗΚΓ ΤΩΝ 12 ΑΠΑΓΩΓΩΝ: ΑΠΑΓΩΓΕΣ ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΥ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ.....	51
 Κεφάλαιο 5	
ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΑΝΩΜΑΛΙΩΝ ΤΟΥ ΜΥΟΚΑΡΔΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΩΝ ΑΓΓΕΙΩΝ.....	53
5.1 ΟΙ ΚΑΡΔΙΑΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΙ Η ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΑΚΗ ΤΟΥΣ ΕΡΜΗΝΕΙΑ.....	53
5.1.1 σχαιμία.....	53
5.1.2 Έμφραγμα μυοκαρδίου	53
5.1.3 Στηθαγχική κρίση	54
5.2 ΟΙ ΚΑΡΔΙΑΚΕΣ ΑΡΡΥΘΜΙΕΣ ΚΑΙ Η ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΑΚΗ ΤΟΥΣ ΕΡΜΗΝΕΙΑ..	55
5.2.1 Παθολογικοί ρυθμοί του φλεβόκομβου.....	56
5.2.2 Κολποκοιλιακός αποκλεισμός.....	58
5.2.3 Η μαρμαρυγή των κοιλιών	58
5.2.4 Ηλεκτρική «απινίδωση» των κοιλιών	60
5.2.5 Η μάλαξη της καρδιάς	61
5.2.6 Η μαρμαρυγή των κόλπων.....	61
5.3 Ο ΠΤΕΡΥΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΟΛΠΩΝ.....	63
5.4 Η ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΤΑΣΗ.....	64
 Κεφάλαιο 6	
Ο ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΟΣ.....	65
6.1 Ηλεκτροκαρδιογράφος	65
6.2 Τα ηλεκτρόδια και η τοποθέτηση τους στο ανθρώπινο σώμα.....	65
6.3 Γενική περιγραφή των υποσυστημάτων ενός ηλεκτροκαρδιογράφου.....	66
6.4 Συσσκευές καρδιακής παρακολούθησης	68
6.5 Περιπατητικοί monitors (Holter)	69

Κεφάλαιο 7	
ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΟΥ.....	70
7.1 Προετοιμασία για τη λειτουργία του ηλεκτροκαρδιογράφου. AsCARD B5 ECO Mr. Green	70
7.1.1 Η διάταξη των πλήκτρων.....	71
7.1.2 Διάταξη των ηλεκτροδίων.....	73
7.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ	74
7.2.1 Εκτέλεση χειροκίνητης εξέτασης	74
7.2.2 Εκτέλεση αυτόματης εξέτασης	74
7.3 Αλλαγή παραμέτρων	75
7.4 Επιλογή πλήθους καναλιών	76
Κεφάλαιο 8	
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΟΥ.....	77
8.1 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ.....	77
8.2 ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΨΑΛΙΔΙΣΜΟΥ	78
8.3 ΒΡΟΧΟΙ ΓΕΙΩΣΗΣ.....	78
8.4 ΕΛΕΥΘΕΡΟΙ ΑΓΩΓΟΙ	80
8.5 ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΛΟΓΩ ΙΣΧΥΡΩΝ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ	80
8.6 ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ ΑΠΟ ΑΛΛΕΣ ΓΕΙΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ.....	81
8.7 ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ.....	81
8.8 ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΠΥΚΝΩΤΗ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΜΕ ΤΟ ΣΩΜΑ ΤΟΥ ΑΣΘΕΝΗ	81
8.9 ΧΡΗΣΗ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΣΤΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΓΩ-ΓΕΣ.....	82
Κεφάλαιο 9	
ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑΣ.....	84
9.1 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑΣ ΗΚΓ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΕΙΞΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΟΥ.....	84
9.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΩΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΚΟΛΠΟΚΟΙΛΙΑΚΟ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟ.....	84
9.3 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑΣ.....	86
9.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	88
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	90

ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ

1.1 ΤΟ ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

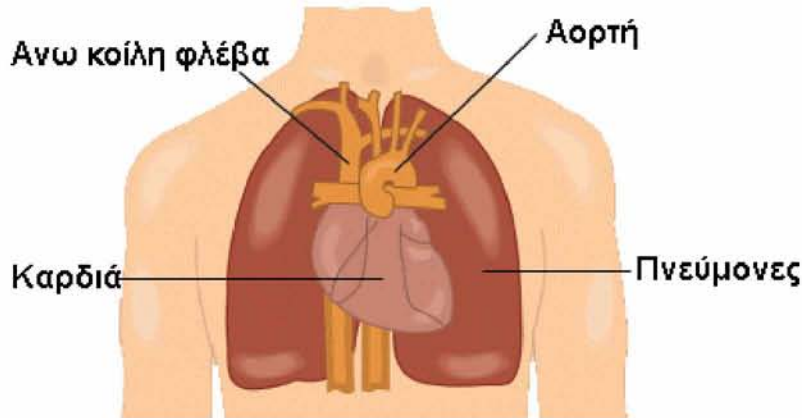
Το καρδιαγγειακό σύστημα είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά του οξυγόνου και των θρεπτικών ουσιών καθώς και για την απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα και των άχρηστων ουσιών από τα κύτταρα των ιστών. Αποτελείται από την καρδιά, το κυκλοφορικό σύστημα και το λεμφικό σύστημα. Αν και το λεμφικό σύστημα μπορεί να μην περιέχει αίμα, εξυπηρετεί μια σημαντική λειτουργία, της ανταλλαγής αίματος με τα αιμοφόρα αγγεία. Συγκεκριμένα η καρδιά και τα αγγεία της διασφαλίζουν την επαρκή ροή αίματος στα όργανα ώστε να πραγματοποιείται αυτή η ανταλλαγή.

Το κυκλοφορικό σύστημα αποτελείται από τα αιμοφόρα αγγεία, αρτηρίες και φλέβες, και το αίμα που κυκλοφορεί μέσα σε αυτά. Οι αρτηρίες μεταφέρουν το αίμα από την καρδιά προς την περιφέρεια, τα τριχοειδή αγγεία, τα οποία βρίσκονται ανάμεσα στις αρτηρίες και τις φλέβες, επιτρέπουν την ανταλλαγή των ουσιών στους ιστούς και οι φλέβες επαναφέρουν το αίμα στην καρδιά. Κύριο όργανο του συστήματος είναι η καρδιά, η οποία στην πραγματικότητα είναι δύο ξεχωριστές αντλίες που συμβάλλουν στη διαρκή κίνηση του αίματος. Συγκεκριμένα έχουμε μία δεξιά καρδιά που αντλεί αίμα μέσω των πνευμόνων και μία αριστερή καρδιά που αντλεί αίμα μέσω των περιφερειακών οργάνων.[1]

1.2 Η ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ

Η καρδιά είναι ένα κοίλο όργανο σχήματος ανεστραμμένης πυραμίδας με την κορυφή προς τα κάτω και αριστερά και την βάση προς τα πάνω. Βρίσκεται τοποθετημένη στο μεσοθωράκιο όπου κάθεται στο διάφραγμα ευρισκόμενη κατά τα 2/3 αριστερά της μέσης γραμμής και κατά το 1/3 δεξιά. Βρίσκεται πίσω από το σώμα του στέρνου και τους πλευρικούς χόνδρους των 3ης-6ης πλευράς. Στο πίσω μέρος αντιστοιχεί στους 6ο-9ο θωρακικούς σπονδύλους. Η βάση της καρδιάς αντιστοιχεί στο επίπεδο των τρίτων στερνοchonδρικών διαρθρώσεων. Η κορυφή της καρδιάς αντιστοιχεί στην θέση της καρδιακής ώσης δηλαδή στο 5ο αριστερό μεσοπλεύριο διάστημα επί της μεσοκλειδικής γραμμής.

Το βάρος της καρδιάς στους ενήλικους είναι 280-350 γραμμάρια στους άνδρες και 240-280 γραμμάρια περίπου στις γυναίκες. Το μήκος της είναι περίπου 12-15 εκατοστά ενώ το πλάτος της είναι 10-14 εκατοστά.



Εικόνα 1.1 Η θέση της καρδιάς[3]

1.3 ΠΕΡΙΚΑΡΔΙΑΚΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ

Η καρδιά εσωκλείεται μέσα σε περικαρδιακές μεμβράνες, από τις οποίες μπορούμε να διακρίνουμε τρία στρώματα. Το εξωτερικό στρώμα του καρδιακού τοιχώματος είναι το ινώδες περικάρδιο, ένας ινώδης και άνετος σάκος με ισχυρό συνδετικό ιστό που εκτείνεται πάνω από το διάφραγμα. Στη συνέχεια, υπάρχει το ορώδες περικάρδιο, το οποίο μοιάζει με διπλωμένη μεμβράνη και οι πτυχές της σχηματίζουν δύο στρώματα. Αποτελείται από το εξωτερικό στρώμα που ονομάζεται τοιχωματικό περικάρδιο και το εσωτερικό στρώμα που ονομάζεται σπλαγχνικό περικάρδιο ή επικάρδιο. Ανάμεσα στα δύο αυτά στρώματα βρίσκεται η περικαρδιακή κοιλότητα, ή περικαρδιακό κενό, η οποία περιέχει μια μικρή ποσότητα υγρού, περίπου 10-15 ml και παρέχει προστασία κατά των τριβών κατά την διάρκεια των μυϊκών συστολών της καρδιάς. Το εσωτερικό στρώμα του καρδιακού τοιχώματος καλύπτεται από ένα λεπτό στρώμα από ενδοθηλιακούς ιστούς, το ενδοκάρδιο.

Το ενδοθήλιο είναι ένας μεμβρανικός ιστός που καλύπτει το εσωτερικό της καρδιάς και τα αιμοφόρα αγγεία. Η εξωτερική επιφάνεια της καρδιάς καλείται επικάρδιο και είναι ουσιαστικά το εσωτερικό στρώμα του ορώδους περικαρδίου. Το στρώμα του επικαρδίου περιβάλλει τις αρτηρίες και τις φλέβες που εφοδιάζουν και επαναφέρουν το αίμα από το τοίχωμα της καρδιάς (στεφανιαία αγγεία).

Ανάμεσα στο περικάρδιο και το ενδοκάρδιο βρίσκεται το παχύτερο τοίχωμα της καρδιάς που ονομάζεται μυοκάρδιο και αποτελείται από δυνατές και γραμμωτές μυϊκές ίνες. Η συνεχής και ρυθμική σύσπαση του μυοκαρδίου έχει σαν σκοπό τη διαρκή και αποτελεσματική προώθηση του αίματος στις διάφορες περιοχές του σώματος.

Υπάρχουν τρεις τύποι μυοκαρδίου, το μυοκάρδιο των κόλπων, το μυοκάρδιο των κοιλιών και οι μυϊκές ίνες διέγερσης και αγωγής. Στο μυοκάρδιο των κόλπων και των κοιλιών, εντοπίζουμε τη διάρκεια συστολής να είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι στον σκελετικό μυ. Επίσης οι μυϊκές ίνες μπορεί να συστέλλονται ελάχιστα αλλά εξαιτίας της ρυθμικής τους λειτουργίας και της μεγάλης ταχύτητας αγωγής της διέγερσης, δημιουργούν ένα σύστημα για τη διέ-

γερση της καρδιάς και ένα σύστημα αγωγής του σήματος για τη διέγερση όλου του μυοκαρδίου.

1.4 ΟΙ ΚΟΙΛΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ

Εσωτερικά η καρδιά διαιρείται ανατομικά με διαφράγματα σε τέσσερις μικρότερες κοιλότητες από τις οποίες οι δύο καταλαμβάνουν το μέρος της βάσης της καρδιάς και οι δύο άλλες κοιλότητες βρίσκονται προς την κορυφή της καρδιάς.

Από λειτουργικής άποψης παρουσιάζονται ως δύο αντλίες οι οποίες προωθούν το αίμα σε δύο συνδεδεμένα εν σειρά υποσυστήματα αιμοφόρων αγγείων. Αυτά τα υποσυστήματα ονομάζονται μικρή ή πνευμονική και μεγάλη ή συστηματική κυκλοφορία. Η μικρή κυκλοφορία εξασφαλίζει την πνευμονική ροή του αίματος ενώ η μεγάλη κυκλοφορία τη ροή δια μέσου των λοιπών φυσιολογικών συστημάτων.

1.5 ΟΙ ΚΟΛΠΟΙ ΚΑΙ ΟΙ ΚΟΙΛΙΕΣ

Οι δύο κοιλότητες που είναι πιο μεγάλες, βρίσκονται προς την κορυφή της καρδιάς και έχουν παχιά τοιχώματα ονομάζονται κοιλίες. Οι άλλες δύο κοιλότητες που είναι πιο μικρές, καταλαμβάνουν το μέρος στη βάση της καρδιάς και έχουν λεπτά τοιχώματα ονομάζονται κόλποι.

Οι κόλποι χωρίζονται με το μεσοκολπικό διάφραγμα σε δεξιό και αριστερό κόλπο ενώ οι κοιλίες χωρίζονται με το μεσοκοιλιακό διάφραγμα σε δεξιά και αριστερή κοιλία. Στην ουσία έχουμε δυο τμήματα, ένα αριστερό και ένα δεξιό τα οποία όμως δεν επικοινωνούν μεταξύ τους. Αντίθετα κάθε κόλπος επικοινωνεί με την κοιλία που βρίσκεται από κάτω του μέσω μιας βαλβίδας. Οι κόλποι λειτουργούν κυρίως ως χώροι υποδοχής του αίματος ενώ οι κοιλίες ως χώροι προώθησης του αίματος στα διάφορα μέρη του σώματος. Στην καρδιά συμβάλλουν και εκβάλλουν διάφορα αγγεία. Έτσι στον δεξιό κόλπο εκβάλλουν, η άνω και η κάτω κοίλη φλέβα καθώς και ο στεφανιαίος κόλπος που συλλέγουν το φλεβικό αίμα από τον οργανισμό.

Συγκεκριμένα η δεξιά κοιλία έχει πάχος περίπου 3mm και εξωθεί το αίμα στην πνευμονική κυκλοφορία. Αντίθετα ο αριστερός κόλπος δέχεται το οξυγονομένο αίμα από τις τέσσερις πνευμονικές φλέβες, που διοχετεύουν στην καρδιά το αίμα που έχει οξυγονωθεί στους πνεύμονες. Από τις τέσσερις κοιλότητες της καρδιάς που προαναφέραμε, τον σπουδαιότερο ρόλο κατέχει η αριστερή κοιλία. Για να κυκλοφορήσει το αίμα στο υψηλών πιέσεων περιφερειακό, αρτηριακό δίκτυο μέχρι τα τριχοειδή αγγεία και μετά να επιστρέψει πάλι πίσω, μέσω των φλεβών στο δεξιό κόλπο, χρειάζεται μια μεγάλη ωστική δύναμη και δίνεται από την αριστερή κοιλία. Η αριστερή κοιλία έχει πάχος 9-10mm και μέσω αυτής κυκλοφορεί αρτηριακό, οξυγονομένο αίμα στη συστηματική κυκλοφορία.[2]

1.6 ΟΙ ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ

Η καρδιά διαθέτει τέσσερις βαλβίδες οι οποίες επιτρέπουν τη διέλευση του αίματος προς μία μόνο κατεύθυνση και εμποδίζουν την παλινδρόμηση του κατά την διάρκεια της καρδιακής συστολής. Μέσω αυτών των καρδιακών βαλβίδων επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ των κόλπων και των κοιλιών. Οι βαλβίδες αυτές ανοίγουν και επιτρέπουν την διέλευση του αίματος κατά την διαστολή της καρδιάς, ενώ κατά την συστολή των κοιλιών κλείνουν. Διακρίνουμε δύο κατηγορίες βαλβίδων, τις κολποκοιλιακές και τις μηννοειδείς.

Κολποκοιλιακές βαλβίδες

Οι κολποκοιλιακές αποτελούνται από την μητροειδή ή διγλώχινα βαλβίδα και την τριγλώχινα βαλβίδα. Έτσι ο δεξιός κόλπος επικοινωνεί με την δεξιά κοιλία μέσω της τριγλώχινος βαλβίδας, ενώ ο αριστερός κόλπος επικοινωνεί με την αριστερή κοιλία με την διγλώχινη ή μιτροειδή βαλβίδα. Η μιτροειδής βαλβίδα ανοίγει κατά την διάρκεια της συστολής του αριστερού κόλπου και το αίμα περνάει στην αριστερή κοιλία, ενώ κλείνει κατά τη σύσπασση της κοιλίας και απαγορεύει τη αντίστροφη ροή του αίματος προς τον κόλπο.

Μηννοειδείς βαλβίδες

Οι αρτηριακές βαλβίδες που βρίσκονται στο στόμιο της πνευμονικής αρτηρίας στη δεξιά κοιλία και της αορτής στη αριστερή κοιλία, ονομάζονται μηννοειδείς βαλβίδες. Κατά την διαστολή της καρδιάς, η πίεση του αίματος είναι μεγαλύτερη μέσα στις αρτηρίες από ότι μέσα στην καρδιά, οι βαλβίδες αυτές κλείνουν, εμποδίζοντας έτσι την επιστροφή του αίματος πίσω στην καρδιά.

ΤΟ ΜΥΟΚΑΡΔΙΟ

2.1 Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΜΥΟΚΑΡΔΙΟΥ

Ο καρδιακός μυς παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες με τους γραμμωτούς μύες. Όμως, μία σημαντική διαφορά, που τον κάνει να ξεχωρίζει, είναι ότι στον καρδιακό μυ οι κυτταρικές μεμβράνες των γειτονικών κυττάρων συγχωνεύονται και δημιουργούν ένα ενιαίο μόρφωμα, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα τη συστολή μεγάλου αριθμού μυϊκών ινών σαν ένα σύνολο. Εξαιτίας αυτής της ιστολογικής κατασκευής, λέμε ότι ο καρδιακός μυς αποτελεί ένα λειτουργικό σύνολο. Ο ερεθισμός έστω και μίας μυοκαρδιακής ίνας οδηγεί σε εξάπλωση του δυναμικού δράσης σε ολόκληρη τη μυϊκή μάζα. Αυτό ονομάζεται αρχή του "όλον ή ουδένος".

Ο καρδιακός μυς περικλείεται από έναν ινώδη σάκο που λέγεται περικάρδιο. Το εσωτερικό της καρδιάς καλύπτεται από μία σκληρή μεμβράνη, το ενδοκάρδιο. Η καρδιά αποτελείται από τρεις μείζονες τύπους μυοκαρδίου:

- α) το μυοκάρδιο των κόλπων,
- β) το μυοκάρδιο των κοιλιών και
- γ) τις εξειδικευμένες μυϊκές ίνες διέγερσης και αγωγής της διέγερσης.

Το μυοκάρδιο των κόλπων και των κοιλιών συστέλλονται με τον ίδιο σχεδόν τρόπο όπως και ο σκελετικός μυς, με τη διαφορά ότι η διάρκεια συστολής τους είναι πολύ μεγαλύτερη. Εξάλλου, οι εξειδικευμένες μυϊκές ίνες διέγερσης και αγωγής της διέγερσης, ελάχιστα μόνο συστέλλονται γιατί περιέχουν ελάχιστα μόνο συσταλτά ινίδια. Αντίθετα, εξαιτίας της ιδιότητας της ρυθμικής τους λειτουργίας και της μεγάλης ταχύτητας αγωγής της διέγερσης, συγκροτούν ένα σύστημα για τη διέγερση της καρδιάς, καθώς και ένα σύστημα αγωγής του σήματος για τη διέγερση ολόκληρου του μυοκαρδίου.

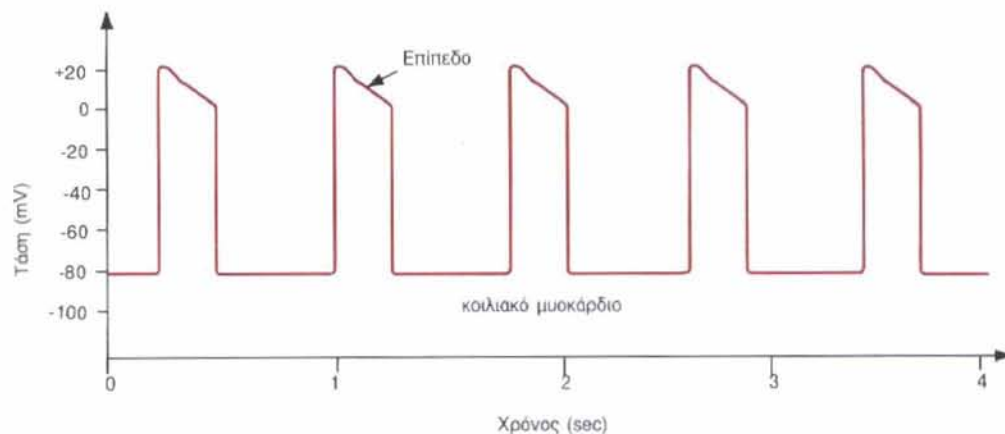
2.1.1 Δυναμικά δράσης στον καρδιακό μυ

Για ένα φυσιολογικό καρδιακό μυ το δυναμικό ηρεμίας μεμβράνης είναι περίπου -85 ως -95 mV. Η τάση του δυναμικού δράσης που καταγράφεται στο μυοκάρδιο των κοιλιών είναι 105 mV, πράγμα που σημαίνει ότι το δυναμικό της μεμβράνης αυξάνει από τη φυσιολογικά πολύ αρνητική τιμή του, μέχρι την ελαφριά θετική τιμή των $+20$ mV. Μετά από το αρχικό έπαρμα η μεμβράνη μένει σε κατάσταση εκπόλωσης για 0,15 (στο κοιλιακό μυοκάρδιο) ως 0,3 sec (στο κοιλιακό μυοκάρδιο) εμφανίζοντας ένα χαρακτηριστικό επίπεδο (plateau), στο τέλος του οποίου ακολουθεί απότομη επαναπόλωση. Αυτό το επίπεδο κάνει το δυναμικό δράσης να διαρκεί στο μυοκάρδιο 10-30 φορές περισσότερο από όσο στους σκελετικούς μύες και προκαλεί αντίστοιχη παράταση της συστολής.

Οι ιδιότητες των μεμβρανών των σκελετικών μυών και του καρδιακού μυός έχουν δύο βασικές διαφορές που ευθύνονται για την εμφάνιση του επιπέδου στο δυναμικό δράσης του καρδιακού μυός. Πρώτο, κατά τη διάρκεια του δυναμικού δράσης στο εσωτερικό της μυοκαρδιακής ίνας διαχέεται μέτρια ποσότητα ιόντων ασβεστίου, ενώ η ποσότητα που διαχέεται στη σκελετική μυϊκή ίνα είναι πολύ μικρή. Επιπλέον, η είσοδος των ιόντων ασβεστίου δε συμ-

βαίνει μόνο στην αρχή του δυναμικού δράσης, αλλά εξακολουθεί για 0,2-0,3 sec. Το επίπεδο παρατηρείται κατά τη διάρκεια αυτής της παρατεταμένης εισροής ιόντων ασβεστίου.

Η δεύτερη κύρια λειτουργική διαφορά ανάμεσα στον καρδιακό και το σκελετικό μυ είναι πως αμέσως μετά την έναρξη του δυναμικού δράσης η διαπερατότητα της μυοκαρδιακής μεμβράνης για το κάλιο ελαττώνεται κατά πέντε φορές περίπου, γεγονός που δεν παρατηρείται στους σκελετικούς μύες. Η ελαττωμένη διαπερατότητα για το κάλιο έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγάλη ελάττωση της εξόδου ιόντων καλίου για τα επόμενα 0,2-0,3 sec, που εμποδίζει την επαναπόλωση της μεμβράνης και συμβάλλει έτσι στη δημιουργία του επιπέδου.



Εικόνα 2.1 Καταγραφή με τη βοήθεια μικροηλεκτροδίων, ρυθμικών δυναμικών δράσης μιας κοιλιακής μυοκαρδιακής ίνας.[4]

2.1.2 Ταχύτητα αγωγής στο μυοκάρδιο και η ανερέθιστη περίοδος του

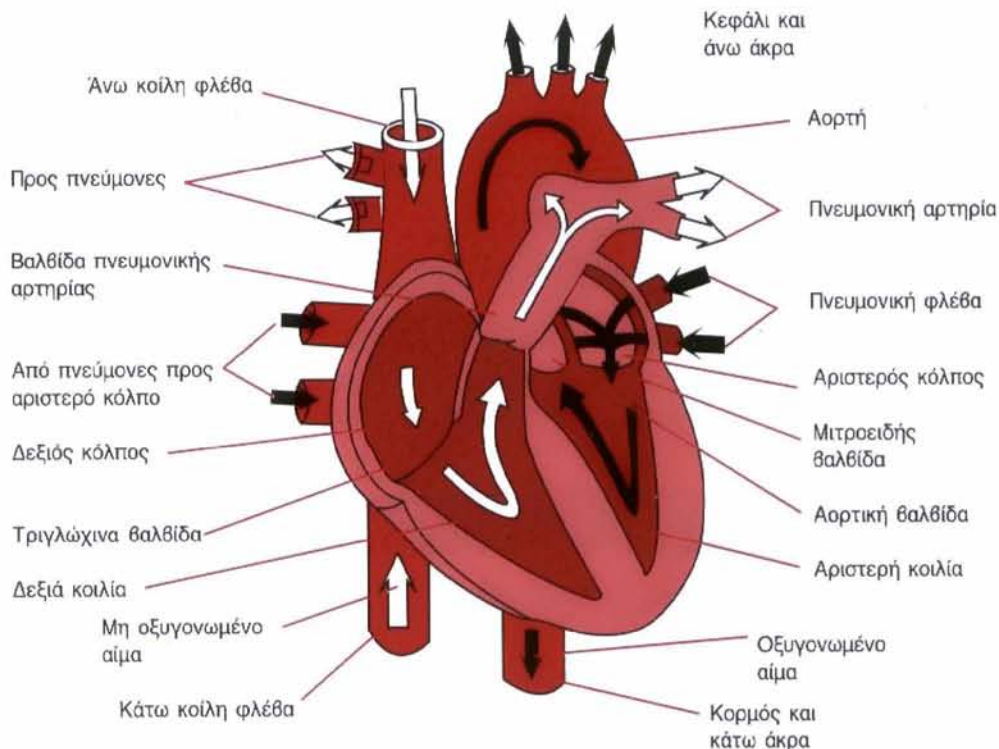
Η ταχύτητα αγωγής του δυναμικού δράσης στις κολπικές και κοιλιακές μυϊκές ίνες είναι περίπου 0,3-0,5 m/sec, είναι δηλαδή περίπου ίση με 1/250 της ταχύτητας αγωγής στις πολύ μεγάλες νευρικές ίνες και με 1/10 της ταχύτητας αγωγής στις σκελετικές μυϊκές ίνες.

Ο καρδιακός μυς δεν ανταποκρίνεται σε επαναδιέγερση κατά τη διάρκεια του δυναμικού δράσης. Επομένως, η φυσιολογική ανερέθιστη περίοδος των κοιλιών είναι 0,25-0,30 sec, όση περίπου είναι και η διάρκεια του δυναμικού δράσης. Υπάρχει επίσης μία σχετική ανερέθιστη περίοδος, 0,05 sec περίπου, κατά την οποία η διέγερση του μυοκαρδίου είναι δυσκολότερη από όσο φυσιολογικά, αλλά είναι πάντως δυνατή.

Η ανερέθιστη περίοδος του κολπικού μυοκαρδίου διαρκεί πολύ λιγότερο από ότι στις κοιλίες, περίπου στα 0,15 sec. Επομένως, η ρυθμική ταχύτητα συστολής των κόλπων μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των κοιλιών[3]

2.2 Ο ΚΑΡΔΙΑΚΟΣ ΠΑΛΜΟΣ

Η καρδιά στην πραγματικότητα αποτελείται από δύο ξεχωριστές αντλίες, τη δεξιά και την αριστερή καρδιά. Η δεξιά καρδιά, διοχετεύει το αίμα μέσα από τους πνεύμονες ενώ η αριστερή διοχετεύει το αίμα μέσα από τα περιφερικά όργανα του σώματος. Με τη σειρά τους, κάθε μία από αυτές τις δύο ξεχωριστές καρδιές αποτελείται από ένα κόλπο και μία κοιλία, που συστέλλονται περιοδικά. Ο κόλπος φυσιολογικά λειτουργεί σαν προθάλαμος για την κοιλία, επιτελεί όμως και ελαφρά υποβοηθητική αντλητική λειτουργία, για την προώθηση του αίματος προς την κοιλία. Με την σειρά της η κοιλία προσφέρει την κύρια δύναμη για την προώθηση του αίματος μέσα από την πνευμονική ή την περιφερική κυκλοφορία.



Εικόνα 2.2 Ανατομία καρδιάς και πορεία του αίματος διάμεσου των καρδιακών κοιλοτήτων[4]

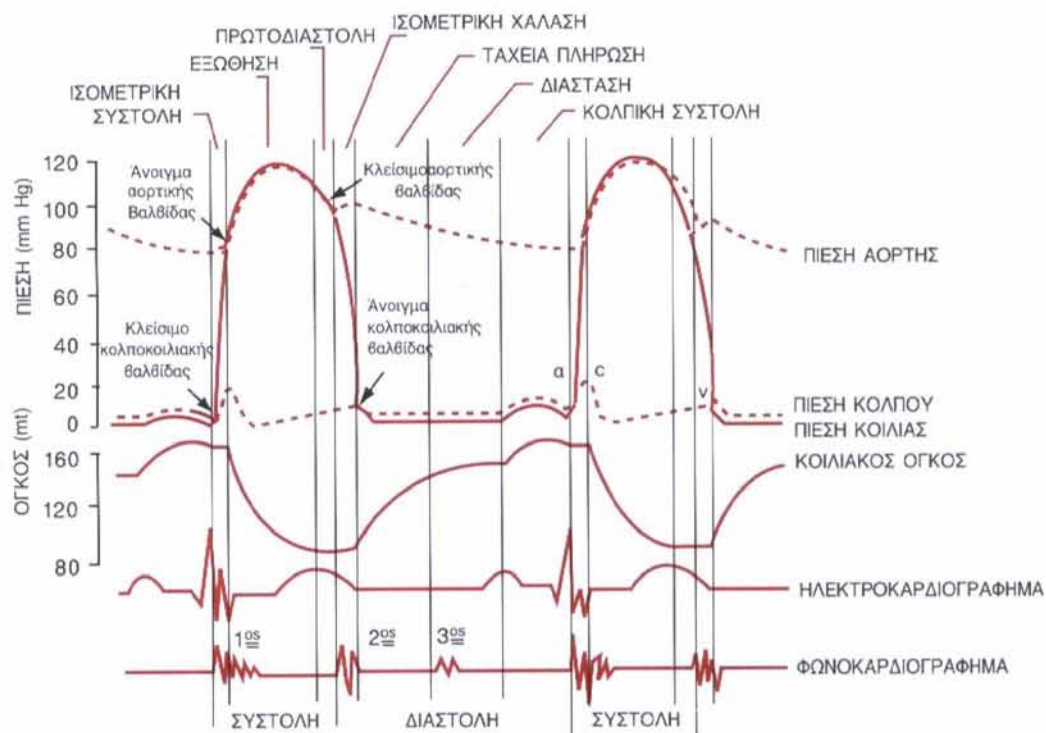
Η χρονική περίοδος από το τέλος μιας καρδιακής συστολής μέχρι το τέλος της επόμενης συστολής, ονομάζεται καρδιακός παλμός ή αλλιώς καρδιακός κύκλος. Ο κάθε καρδιακός παλμός αρχίζει με την αυτόματη γένεση ενός δυναμικού δράσης στο φλεβόκομβο ο οποίος εντοπίζεται στο οπίσθιο τμήμα του δεξιού κόλπου, κοντά στην εκβολή της άνω κοίλης φλέβας, το δε δυναμικό δράσης επεκτείνεται με ταχύτητα και στους δυο κόλπους, και από εκεί, μέσα από το κολποκοιλιακό δεμάτιο, προς τις κοιλίες.

Όμως, εξαιτίας ειδικής διαρρύθμισης του συστήματος αγωγής από τους κόλπους στις κοιλίες, παρατηρείται καθυστέρηση μεγαλύτερη από 0,1 sec για τη δίοδο της διέγερσης από τους κόλπους στις κοιλίες. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται στους κόλπους η ευκαιρία να συστέλλονται πριν από τις κοιλίες, με αποτέλεσμα την προώθηση του αίματος προς τις κοιλίες πριν από την έντονη κοιλιακή συστολή. Έτσι οι κόλποι λειτουργούν σαν εναυσματικές αντλίες,

προαντλίες, για την πλήρωση των κοιλιών, οι οποίες με τη σειρά τους παρέχουν την κύρια πηγή της δύναμης για την προώθηση του αίματος μέσα από το αγγειακό σύστημα.

2.2.1 Η συστολή και η διαστολή

Ο καρδιακός παλμός αποτελείται από μία περίοδο χάλασης που ονομάζεται διαστολή, κατά τη διάρκεια της οποίας η καρδιά γεμίζει με αίμα. Η περίοδος χάλασης ακολουθείται από μία περίοδο συστολής, που ονομάζεται συστολή. Στην παρακάτω εικόνα παριστάνονται τα διάφορα γεγονότα τα οποία επιτελούνται κατά τη διάρκεια του καρδιακού παλμού. Στις άνω τρεις καμπύλες παριστάνονται οι μεταβολές της πίεσης στην αορτή, στην αριστερή κοιλία και στον αριστερό κόλπο αντίστοιχα. Η τέταρτη καμπύλη παριστάνει τις μεταβολές του όγκου των κοιλιών, η πέμπτη είναι το ηλεκτροκαρδιογράφημα, και η έκτη είναι το φωνοκαρδιογράφημα, το οποίο αποτελεί καταγραφή των ήχων που παράγονται από την καρδιά κατά την αντλητική της λειτουργία. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να μελετήσει κανείς με μεγάλη προσοχή και με λεπτομέρεια αυτό το διάγραμμα, και να κατανοήσει τα αίτια όλων των φαινομένων που καταγράφονται σ' αυτό.



Εικόνα 2.3 Ο καρδιακός παλμός. Αναγράφονται οι καμπύλες πίεσης στον αριστερό κόλπο, την αριστερή κοιλία και την αορτή, η καμπύλη μεταβολών του όγκου των κοιλιών, το ηλεκτροκαρδιογράφημα και το φωνοκαρδιογράφημα.[4]

2.2.2 Οι κόλποι ως αντλίες

Το αίμα φυσιολογικά ρέει από τις μεγάλες φλέβες προς τους κόλπους. Από αυτό το αίμα, ποσοστό 75% περίπου διοχετεύεται κατευθείαν μέσα από τους κόλπους προς τις κοιλίες, ακόμα και πριν από τη συστολή τους. Στη συνέχεια, με τη συστολή των κόλπων, προκαλείται συνήθως μια συμπληρωματική πλήρωση των κοιλιών, κατά ποσοστό 25%. Κατά συνέπεια, οι κόλποι απλά λειτουργούν σαν εναυσματικές αντλίες (προαντλίες), οι οποίες αυξάνουν την αποτελεσματικότητα των κοιλιών ως αντλιών, κατά ποσοστό μέχρι και 25%.

Παρ' όλα αυτά, η καρδιά μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί απόλυτα ικανοποιητικά, υπό φυσιολογικές συνθήκες ηρεμίας του ατόμου, ακόμα και χωρίς αυτό το επιπρόσθετο 25% της αποτελεσματικότητας, γιατί φυσιολογικά διαθέτει την ικανότητα για άντληση 300 ως 400% περισσότερου αίματος από αυτό που χρειάζεται για το σώμα. Συνεπώς, όταν οι κόλποι δεν λειτουργούν, η διαφορά μάλλον δεν γίνεται αντιληπτή, εκτός από την περίπτωση της επιτέλεσης μυϊκής εργασίας από το άτομο. Σε μια τέτοια περίπτωση, εμφανίζονται οξεία σημεία καρδιακής ανεπάρκειας, και ιδιαίτερα δυσπνοϊκά φαινόμενα.

2.2.3 Τα κύματα α, c και ν

Στην καμπύλη της ενδοκολπικής πίεσης, της Εικόνας 1.3 παρατηρούνται τρία κύρια κύματα, τα οποία υποδηλώνουν αντίστοιχες αυξήσεις της πίεσης, τα κύματα α, c και ν της κολπικής πίεσης.

Το κύμα α προκαλείται από τη συστολή των κόλπων. Φυσιολογικά, η πίεση στο δεξιό κόλπο αυξάνεται από 4 έως 6 mm Hg κατά τη συστολή των κόλπων, ενώ η πίεση στον αριστερό κόλπο αυξάνεται από 7 έως 8 mm Hg περίπου.

Το κύμα c εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της συστολής των κοιλιών, και προκαλείται, κατά ένα μέρος, από ελαφρά παλινδρόμηση αίματος προς τους κόλπους κατά την έναρξη συστολής των κοιλιών, κατά κύριο όμως λόγο, πιθανώς από την κύρτωση των κολποκοιλιακών βαλβίδων προς τις κοιλότητες των κόλπων, εξαιτίας της αυξανόμενης πίεσης μέσα στις κοιλίες.

Το κύμα ν εμφανίζεται προς το τέλος της συστολής των κοιλιών, και οφείλεται στη βραδεία άθροιση αίματος μέσα στους κόλπους κατά το χρονικό διάστημα που οι κολποκοιλιακές βαλβίδες είναι κλειστές, κατά τη διάρκεια της συστολής των κοιλιών. Στη συνέχεια, όταν η συστολή των κοιλιών έχει τελειώσει, οι κολποκοιλιακές βαλβίδες διανοίγονται, και επιτρέπουν την ελεύθερη και ταχεία ροή του αίματος προς τις κοιλίες, με αποτέλεσμα την εξαφάνιση του κύματος ν.

2.2.4 Η αντλητική λειτουργία των κοιλιών-Πλήρωση των κοιλιών

Κατά τη διάρκεια της συστολής των κοιλιών μια μεγάλη ποσότητα αίματος αθροίζεται μέσα στους κόλπους εξαιτίας της σύγκλεισης των κολποκοιλιακών βαλβίδων. Γι' αυτό, αμέσως μετά το τέλος της συστολής, και της ελάττωσης των ενδοκοιλιακών πιέσεων και πάλι προς τις χαμηλές διαστολικές τους πιέσεις, οι σχετικά υψηλές πιέσεις μέσα στους κόλπους προκαλούν την άμεση διάνοιξη των κολποκοιλιακών βαλβίδων, οπότε το αίμα ρέει ταχύτατα προς τις κοιλίες, όπως φαίνεται από την αύξηση του όγκου των κοιλιών, στην καμπύλη

του όγκου των κοιλιών, στην Εικόνα 1.3. Αυτή η περίοδος ονομάζεται χρόνος ταχείας πλήρωσης των κοιλιών. Οι ενδοκοιλιακές πιέσεις ελαττώνονται μέχρι κλάσματος μόνο του ενός χιλιοστού υδραργυρικής στήλης πάνω από τις ενδοκοιλιακές πιέσεις, γιατί το άνοιγμα των κολποκοιλιακών βαλβίδων είναι τόσο μεγάλο, ώστε να μην προβάλλουν σχεδόν καμία αντίσταση προς τη ροή του αίματος.

Ο χρόνος ταχείας πλήρωσης καταλαμβάνει περίπου το πρώτο τρίτο της διάρκειας της διαστολής. Κατά τη διάρκεια του δεύτερου τρίτου, μια μικρή μόνο ποσότητα αίματος ρέει φυσιολογικά προς τις κοιλίες. Πρόκειται για το αίμα που εξακολουθεί να διοχετεύεται από τις φλέβες προς τους κόλπους, το οποίο συνεχίζει την πορεία του προς τις κοιλίες.

Κατά τη διάρκεια του τελευταίου τρίτου της διαστολής, οι κόλποι συστέλλονται και προσδίδουν μια επιπλέον ώθηση στην εισροή αίματος προς τις κοιλίες. Η επιπρόσθετη αυτή ποσότητα αίματος που εισρέει στις κοιλίες με αυτόν τον τρόπο συμβάλλει κατά 25% περίπου στην πλήρωση των κοιλιών σε κάθε καρδιακό παλμό.

2.2.5 Εκκένωση των κοιλιών κατά τη διάρκεια της συστολής

Χρόνος της ισομετρικής συστολής. Αμέσως μετά την έναρξη της συστολής των κοιλιών η ενδοκοιλιακή πίεση υφίσταται απότομη άνοδο, όπως παριστάνεται στο σχήμα 3.3, με αποτέλεσμα το κλείσιμο των κολποκοιλιακών βαλβίδων. Ένας επιπρόσθετος χρόνος 0,02-0,03 sec απαιτείται για την ανάπτυξη από τις κοιλίες επαρκούς πίεσης για τη διάνοιξη των μηννοειδών βαλβίδων (της αορτής και της πνευμονικής αρτηρίας) έναντι των πιέσεων που επικρατούν στην αορτή και στην πνευμονική αρτηρία. Κατά συνέπεια, κατά το χρονικό αυτό διάστημα, επιτελείται συστολή των κοιλιών, χωρίς όμως να προκαλείται εκκένωση των κοιλιών. Η χρονική αυτή περίοδος καλείται χρόνος ισομετρικής συστολής, γιατί κατά τη διάρκεια του αναπτύσσεται τάση από το μυοκάρδιο, χωρίς όμως να προκαλείται βράχυνση των μυϊκών ινών.

Χρόνος εξώθησης (διοχέτευσης). Όταν οι πιέσεις μέσα στις κοιλίες αυξηθούν λίγο πιο πάνω από τα 80 mm Hg στην αριστερή και από τα 8 mm Hg στη δεξιά, ανοίγουν τις μηννοειδείς βαλβίδες. Αμέσως, αίμα αρχίζει να διοχετεύεται από τις κοιλίες προς τις μεγάλες αρτηρίες. Το 70% περίπου από αυτό το αίμα διοχετεύεται κατά τη διάρκεια του πρώτου τρίτου του χρόνου εξώθησης, το δε υπόλοιπο 30% διοχετεύεται κατά τη διάρκεια των επόμενων δύο τρίτων. Γι' αυτό το λόγο, το πρώτο ένα τρίτο καλείται χρόνος ταχείας εξώθησης και τα υπόλοιπα δύο τρίτα λέγονται χρόνος βραδείας εξώθησης.

Πρωτοδιαστολική περίοδος. Κατά το τελευταίο τρίτο της κοιλιακής συστολής το αίμα που ρέει από τις κοιλίες προς τις μεγάλες αρτηρίες είναι λίγο, αν και το κοιλιακό μυοκάρδιο εξακολουθεί να βρίσκεται σε κατάσταση συστολής. Η περίοδος αυτή λέγεται πρωτοδιαστολική. Η αρτηριακή πίεση κατά την περίοδο αυτή ελαττώνεται, γιατί μεγάλες ποσότητες αίματος εισέρχονται από τις αρτηρίες στα περιφερικά αγγεία.

Χρόνος της ισομετρικής χάλασης. Στο τέλος της συστολής, η χάλαση των κοιλιών αρχίζει απότομα, με αποτέλεσμα την ταχεία υποχώρηση των εν-

δοκοιλιακών πιέσεων. Οι αυξημένες πιέσεις μέσα στις διατεταμένες μεγάλες αρτηρίες προκαλούν απότομη παλινδρόμηση αίματος προς τις κοιλίες, γεγονός που προκαλεί το απότομο κλείσιμο των βαλβίδων της αορτής και της πνευμονικής αρτηρίας. Για το επόμενο χρονικό διάστημα των 0,03-0,06 sec η χάλαση του μυοκαρδίου των κοιλιών συνεχίζεται, και οι ενδοκοιλιακές πιέσεις ελαττώνονται με ταχύτατο ρυθμό, προς τα πολύ χαμηλά διαστολικά τους επίπεδα. Αμέσως μετά, ανοίγουν οι κολποκοιλιακές βαλβίδες και αρχίζει ο επόμενος κύκλος της αντλητικής λειτουργίας των κοιλιών.

2.2.6 Τελοδιαστολικοί και τελοσυστολικοί όγκοι των κοιλιών

Κατά τη διάρκεια της διαστολής, η πλήρωση των κοιλιών αυξάνει φυσιολογικά τον όγκο της κάθε κοιλίας κατά 110-120 ml. Ο όγκος αυτός είναι γνωστός ως τελοδιαστολικός όγκος. Στη συνέχεια, κατά την εκκένωση των κοιλιών, ο όγκος της κάθε κοιλίας ελαττώνεται κατά 70 ml περίπου. Ο υπόλοιπος όγκος κάθε κοιλίας, που είναι 40-50 ml περίπου, λέγεται τελοσυστολικός όγκος. Το ποσοστό του τελοδιαστολικού όγκου που διοχετεύεται από κάθε κοιλία στη σύστοιχη αρτηρία, λέγεται κλάσμα ή ποσοστό διοχέτευσης και συνήθως είναι 60% περίπου.

Όταν η καρδιά συστέλλεται έντονα, ο τελοσυστολικός όγκος μπορεί να περιοριστεί έως και σε 10 ως 20 ml. Αντίθετα, όταν μεγάλη ποσότητα αίματος ρέει προς τις κοιλίες κατά τη διάρκεια της διαστολής, ο διαστολικός όγκος της κάθε κοιλίας μπορεί να φτάσει στα 150 ως 180 ml σε φυσιολογική καρδιά. Τόσο με την αύξηση του τελοδιαστολικού όγκου, όσο και με τη μείωση του τελοσυστολικού όγκου, ο όγκος παλμού μπορεί, σε μερικές περιπτώσεις, να αυξάνεται ακόμα και πέρα από το διπλάσιο του συνήθους.[4]

2.2.7 Η λειτουργία των βαλβίδων

Οι κολποκοιλιακές βαλβίδες, η τριγλώχινα και η μιτροειδής, παρεμποδίζουν την παλινδρόμηση του αίματος από τις κοιλίες προς τους κόλπους κατά τη διάρκεια της συστολής των κοιλιών. Οι μηννοειδείς βαλβίδες, η αορτική και η πνευμονική), παρεμποδίζουν την παλινδρόμηση του αίματος από την αορτή και την πνευμονική αρτηρία, προς τις κοιλίες κατά τη διάρκεια της διαστολής.

Όλες οι βαλβίδες της καρδιάς κλείνουν και ανοίγουν παθητικά. Δηλαδή, κλείνουν όταν μια πλάγια πίεση του αίματος ωθεί αίμα προς τα πίσω, και ανοίγουν όταν μια πλάγια πίεση του αίματος ωθεί αίμα προς τα εμπρός. Για προφανείς ανατομικούς λόγους, για τις λεπτές κολποκοιλιακές βαλβίδες δεν απαιτείται σχεδόν καμία παλινδρόμηση αίματος για να προκληθεί η σύγκλειση τους, ενώ για τις πολύ βαρύτερες μηννοειδείς βαλβίδες απαιτείται μάλλον ισχυρή ροή παλινδρόμησης για λίγα msec.

2.2.8 Καρδιακός όγκος παλμού

Καρδιακός όγκος παλμού είναι η ποσότητα αίματος που προωθείται από κάθε κοιλία σε κάθε καρδιακή συστολή. Κανονικά ο όγκος αυτός είναι περίπου 70 ml. Βέβαια κάτω από συνθήκες συμβατές με τη ζωή, μπορεί να ελαττωθεί και μέχρι λίγα ml ανά καρδιακό κύκλο, καθώς και να αυξηθεί ως τα 140 ml, σε

φυσιολογικές καρδιές, ή και πάνω από 200 ml ανά καρδιακό κύκλο σε άτομα με πολύ μεγάλη καρδιά, όπως για παράδειγμα σε μερικούς αθλητές.

2.2.9 Το μηχανικό έργο της καρδιάς και απόδοση της καρδιακής συστολής

Το μηχανικό έργο ανά καρδιακό παλμό είναι το ποσό της ενέργειας το οποίο η καρδιά μετατρέπει σε μηχανικό έργο σε κάθε καρδιακό παλμό, κατά την άντληση του αίματος προς τις αρτηρίες. Το μηχανικό έργο ανά λεπτό είναι το ολικό ποσό της ενέργειας που μετατρέπεται σε μηχανικό έργο μέσα σε ένα λεπτό και που, προφανώς, ισούται με το μηχανικό έργο ανά καρδιακό παλμό επί τη συχνότητα της καρδιακής λειτουργίας.

Το μηχανικό έργο της καρδιάς αποδίδεται με δύο μορφές: Πρώτο, το μέγιστο μέρος χρησιμοποιείται για τη μετακίνηση του αίματος από τις φλέβες, όπου βρίσκεται υπό χαμηλή πίεση, προς τις αρτηρίες όπου επικρατούν υψηλές πιέσεις. Αυτό ονομάζεται έργο πίεσης ή εξωτερικό έργο. Δεύτερο, ένα πολύ μικρό μέρος από αυτή την ενέργεια χρησιμοποιείται για την επιτάχυνση του αίματος μέχρι την ταχύτητα της εκτόξευσης του μέσα από την αορτική και την πνευμονική βαλβίδα. Αυτό αποτελεί τη συνιστώσα της κινητικής ενέργειας της αιματικής ροής του μηχανικού έργου της καρδιάς.

Κατά τη μυϊκή συστολή, το μεγαλύτερο μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα, πολύ δε μικρότερο μέρος μετατρέπεται σε μηχανικό έργο. Ο λόγος του μηχανικού έργου προς τη δαπάνη χημικής ενέργειας ονομάζεται απόδοση της καρδιακής συστολής, ή καρδιακή απόδοση. Η μέγιστη απόδοση της φυσιολογικής καρδιάς είναι 20 ως 25%. Σε καρδιακή ανεπάρκεια, η απόδοση μπορεί να είναι μόνο 5 ως 10%.

2.3 Η ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Κατά την ηρεμία του ατόμου, η καρδιά προωθεί 4 ως 6 λίτρα αίματος ανά λεπτό. Όμως, κατά τη διάρκεια βραχείας μυϊκής δραστηριότητας είναι δυνατόν να απαιτείται η αύξηση της παροχής στο τετραπλάσιο ως και το εφταπλάσιο. Στις ενότητες που ακολουθούν συζητούνται οι μηχανισμοί με τους οποίους η καρδιά μπορεί να προσαρμόζεται σε τόσο ακραίες αυξήσεις της καρδιακής παροχής.

2.3.1 Ο νόμος της καρδιάς των Frank - Starling

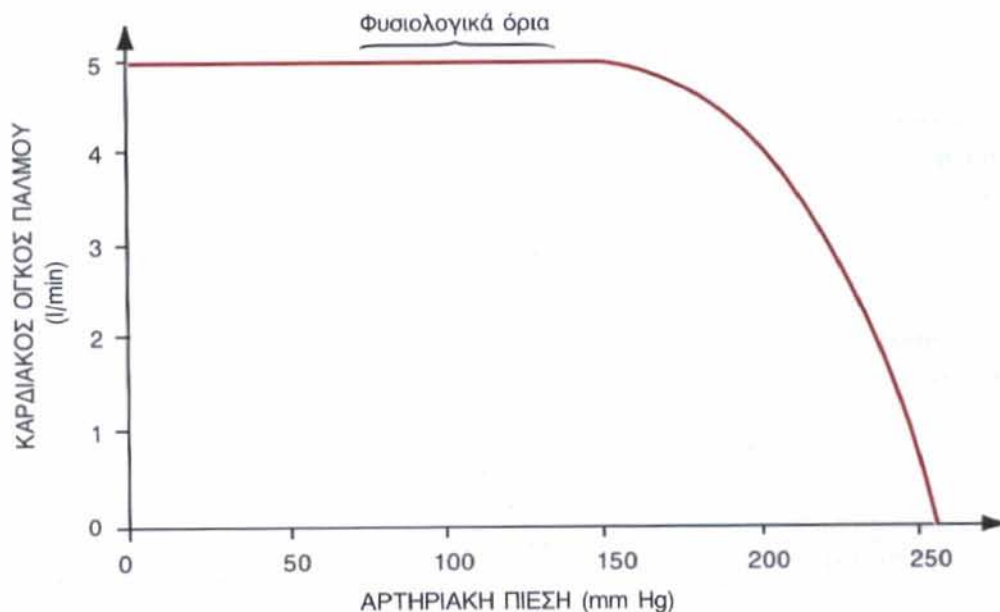
Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν την ποσότητα του αίματος που προωθεί η καρδιά ανά λεπτό είναι ο ρυθμός με τον οποίον το αίμα εισρέει στην καρδιά από τις φλέβες, δηλαδή η φλεβική επάνοδος.

Ο κάθε περιφερικός ιστός στο σώμα ρυθμίζει τη δική του αιμάτωση, ολόκληρη δε η ποσότητα του αίματος από όλους τους περιφερικούς ιστούς, επανέρχεται με τις φλέβες στο δεξιό κόλπο. Η καρδιά, με τη σειρά της, αυτόματα αντλεί αυτό το επανερχόμενο αίμα προς τις συστηματικές αρτηρίες, για να συνεχίσει τη ροή του μέσα στο κύκλωμα. Έτσι η καρδιά προσαρμόζεται από στιγμή σε στιγμή σε μεγάλες διακυμάνσεις της προσφοράς αίματος.

Αυτή η ενδογενής ικανότητα της καρδιάς να προσαρμόζεται στις μεταβολές του όγκου του εισερχόμενου αίματος λέγεται νόμος της καρδιάς των Frank-Starling, σε εκτίμηση της προσφοράς αυτών των δυο μεγάλων φυσιολόγων του 19ου αιώνα. Βασικά, ο νόμος των Frank-Starling αναφέρει ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η πλήρωση της καρδιάς κατά τη διαστολή της, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ποσότητα του αίματος η οποία προωθείται προς την αορτή. Ή, με άλλη διατύπωση: Μέσα σε φυσιολογικά όρια, η καρδιά αντλεί όλο το αίμα που επανέρχεται σε αυτήν, χωρίς να δημιουργείται υπέρμετρη στάση αίματος μέσα στις φλέβες. Δηλαδή η καρδιά είναι σε θέση να προωθεί μικρές ή μεγάλες ποσότητες αίματος, ανάλογα με την ποσότητα που εισρέει σε αυτήν από τις φλέβες, και προσαρμόζεται αυτόματα σε οποιονδήποτε όγκο, εφόσον η συνολική ποσότητα αίματος δεν ξεπερνά το φυσιολογικό όριο μέχρι το οποίο μπορεί να αντλεί η καρδιά.

2.3.2 Αδυναμία της αύξησης της αρτηριακής πίεσης να μεταβάλει τον όγκο παλμού

Ένα σπουδαίο στοιχείο του νόμου της καρδιάς των Frank-Starling είναι ότι, μέσα σε λογικό πλαίσιο, οι μεταβολές της αρτηριακής πίεσης, που αντιμετωπίζει η καρδιά με την αντλητική της λειτουργία, δεν έχουν καμία σχεδόν επίδραση στην ταχύτητα με την οποία εξωθείται το αίμα κάθε λεπτό από την καρδιά, δηλαδή στον όγκο παλμού). Αυτό παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα, που δείχνει την επίδραση που έχει η αρτηριακή πίεση στον όγκο παλμού όταν αυξάνεται προοδευτικά με συστολή των αρτηριών. Αυτό σημαίνει ότι ανεξάρτητα από την αρτηριακή πίεση, ο σπουδαιότερος παράγοντας που καθορίζει την ποσότητα του αίματος που προωθείται από την καρδιά είναι η πίεση στο δεξιό κόλπο, που δημιουργείται από την επάνοδο του αίματος στην καρδιά. Μόνο όταν η αρτηριακή πίεση ξεπεράσει τα φυσιολογικά όρια λειτουργίας, η καρδιά αρχίζει να ανεπαρκεί.



Εικόνα 2.4 Σταθερότητα του όγκου παλμού της καρδιάς ακόμα και σε μεγάλες μεταβολές της πίεσης[4]

2.3.3. Η επίδραση της καρδιακής συχνότητας στην αντλητική λειτουργία της καρδιάς

Κατά γενικό κανόνα, όσο περισσότερες συστολές επιτελεί η καρδιά ανά λεπτό, τόσο περισσότερο αίμα εξωθεί. Υπάρχουν όμως και σημαντικοί περιορισμοί σ' αυτή την επίδραση. Για παράδειγμα, όταν η καρδιακή συχνότητα ξεπεράσει ένα κρίσιμο επίπεδο, η ίδια η ένταση της καρδιακής συστολής ελαττώνεται, προφανώς εξαιτίας της υπερχρησιμοποίησης μεταβολικών ουσιών μέσα στο μυοκάρδιο. Επιπρόσθετα, ο χρόνος της διαστολής, που παρεμβάλλεται μεταξύ των συστολών, ελαττώνεται τόσο πολύ, ώστε να μην παρέχεται αρκετό χρονικό διάστημα για τη ροή αίματος με ικανοποιητικό ρυθμό, από τους κόλπους προς τις κοιλίες.

Γι' αυτούς τους λόγους, όταν η καρδιακή συχνότητα αυξάνεται τεχνητά με ηλεκτρικά ερεθίσματα, η καρδιά εμφανίζει την κορυφαία ικανότητα της για άντληση μεγάλων ποσών αίματος μεταξύ των συχνοτήτων 100 και 150 συστολών ανά λεπτό.

2.3.4 Η επίδραση της θερμότητας στην καρδιά

Η αυξημένη θερμοκρασία προκαλεί μεγάλη αύξηση της καρδιακής συχνότητας, ακόμα και διπλάσιο του φυσιολογικού, όπως κατά τον πυρετό. Αντίθετα, η ελαττωμένη θερμοκρασία του σώματος προκαλεί ελάττωση της καρδιακής συχνότητας, με περιορισμό της μέχρι και σε λίγες μόνο συστολές ανά λεπτό, όταν το άτομο βρίσκεται στα πρόθυρα του θανάτου από υποθερμία, με θερμοκρασία σώματος 15,5 ως 21,1 βαθμών Κελσίου. Οι επιδράσεις αυτές προφανώς οφείλονται στην αύξηση της διαπερατότητας της κυτταρικής μεμβράνης για τα διάφορα ιόντα στις υψηλές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της διεργασίας της αυτοδιέγερσης.

Η ένταση της συστολής της καρδιάς συχνά ενισχύεται πρόσκαιρα από μια μέτρια αύξηση της θερμοκρασίας, η παρατεταμένη όμως αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει εξάντληση των μεταβολικών συστημάτων της καρδιάς.

2.4 Η ΡΥΘΜΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ

Η καρδιά διαθέτει ένα ιδιαίτερο σύστημα πρώτον για την παραγωγή ρυθμικών ώσεων, με τις οποίες προκαλείται η ρυθμική συστολή του μυοκαρδίου, και δεύτερον για την αγωγή αυτών των ώσεων ταχύτατα σε ολόκληρη την καρδιά.

Όταν αυτό το σύστημα λειτουργεί κανονικά, οι κόλποι συστέλλονται κατά ένα έκτο, περίπου, δευτερολέπτου, πριν από τη συστολή των κοιλιών. Το γεγονός αυτό εξασφαλίζει την καλύτερη πλήρωση των κοιλιών πριν από τη διοχέτευση του αίματος μέσα από τους πνεύμονες και το περιφερικό κυκλοφορικό σύστημα. Μια άλλη ιδιαίτερη σημασία αυτού του συστήματος είναι ότι με τη λειτουργία του επιτυγχάνεται η σχεδόν ταυτόχρονη συστολή όλων των τμημάτων του μυοκαρδίου των κοιλιών, γεγονός που έχει αποφασιστική σημασία για την αποτελεσματική ανάπτυξη πίεσης μέσα στις κοιλότητες των κοιλιών.

Πολλές από τις παθήσεις της καρδιάς και ειδικά αυτές που χαρακτηρίζονται από καρδιακές αρρυθμίες οφείλονται σε διαταραχές αυτού του ειδικού συστήματος παραγωγής και αγωγής του ερεθίσματος.

2.4.1 Το ειδικό σύστημα παραγωγής και αγωγής της διέγερσης

Η καρδιά του φυσιολογικού ενήλικου ανθρώπου συστέλλεται ρυθμικά με συχνότητα περίπου 72 παλμών το λεπτό. Στην Εικόνα 1.5 απεικονίζεται το ειδικό σύστημα παραγωγής και αγωγής των διεγέρσεων, από το οποίο ελέγχονται οι συστολές της καρδιάς.

Αναλυτικότερα, στην εικόνα φαίνονται ο φλεβόκομβος (S-A), μέσα στον οποίο παράγονται τα ρυθμικά, αυτοδιεγερτικά ερεθίσματα, οι διακομβικές οδοί, μέσα από τις οποίες άγεται το ερέθισμα από το φλεβόκομβο προς τον κολποκοιλιακό κόμβο. Επίσης απεικονίζεται ο κολποκοιλιακός κόμβος (A-V), όπου το ερέθισμα καθυστερείται, πριν να περάσει προς τις κοιλίες, το κολποκοιλιακό δεμάτιο, το οποίο άγει τη διέγερση από τους κόλπους προς τις κοιλίες, και το αριστερό και το δεξιό σκέλος του δεματίου, ίνες του Purkinje, με τα οποία η διέγερση άγεται προς όλα τα σημεία των κοιλιών.

2.4.2 Ο φλεβόκομβος

Ο φλεβόκομβος είναι μια μικρή, επίπεδη, ελλειψοειδής λωρίδα από εξειδικευμένο μυϊκό ιστό, πλάτους 3 mm, μήκους 15 mm και πάχους 1 mm. Εντοπίζεται στο άνω οπίσθιο τμήμα του δεξιού κόλπου, αμέσως μπροστά και έξω από την εκβολή της άνω κοίλης φλέβας. Οι μυϊκές ίνες από τις οποίες αποτελείται έχουν διάμετρο 3-5 μm , ενώ οι μυϊκές ίνες του μυοκαρδίου των κόλπων έχουν διάμετρο 10-15 μm . Εντούτοις, οι ίνες του μυοκαρδίου των κόλπων αποτελούν συνέχεια των ινών του φλεβόκομβου, κατά τέτοιο τρόπο ώστε το οποιοδήποτε δυναμικό δράσης που εμφανίζεται στο φλεβόκομβο να επεκτείνεται αμέσως προς το μυοκάρδιο των κόλπων.

Οι περισσότερες μυοκαρδιακές ίνες έχουν την ικανότητα της αυτοδιέγερσης, δηλαδή μιας διαδικασίας που προκαλεί αυτόματη ρυθμική συστολή. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τις ίνες του ειδικού συστήματος παραγωγής και αγωγής των ερεθισμάτων της καρδιάς. Τη μεγαλύτερη αυτοδιέγερση από όλο το σύστημα παρουσιάζουν οι φλεβοκομβικές ίνες. Αυτός είναι ο λόγος που ο φλεβόκομβος, ελέγχει, σε φυσιολογικές συνθήκες τη συχνότητα του παλμού ολόκληρης της καρδιάς.

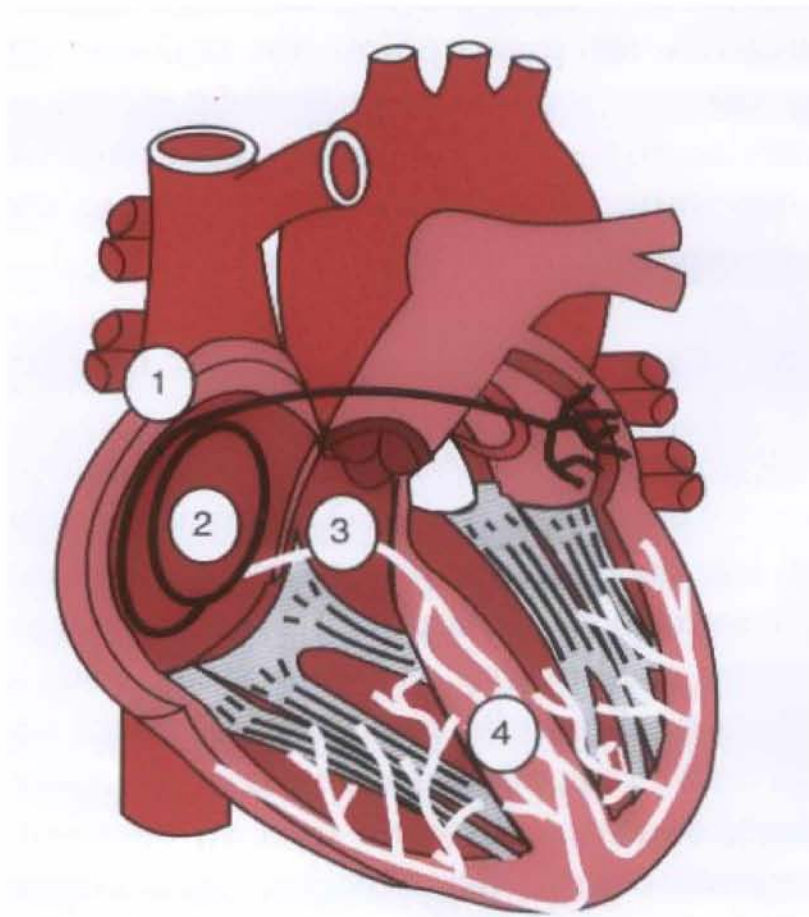
2.4.3 Ο κολποκοιλιακός κόμβος και η καθυστέρηση της αγωγής της διέγερσης

Το σύστημα αγωγής της διέγερσης είναι οργανωμένο κατά τρόπο ώστε η διέγερση να μη μεταδίδεται από τους κόλπους στις κοιλίες πολύ γρήγορα. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται χρόνος για να αδειάσουν οι κόλποι το περιεχόμενό τους προς τις κοιλίες πριν από την έναρξη της συστολής των κοιλιών. Η καθυστέρηση αυτή της μετάδοσης της διέγερσης, από τους κόλπους στις κοιλίες, οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στον κολποκοιλιακό κόμβο και στις σχετικές ίνες αγωγής.

Ο κολποκοιλιακός κόμβος εντοπίζεται στο οπίσθιο μέρος του διαφράγματος του δεξιού κόλπου, αμέσως πίσω από την τριγλώχινα βαλβίδα και πλάι στην εκβολή του στεφανιαίου κόλπου, όπως παριστάνεται στην Εικόνα 2.5 Η διέγερση, μετά τη διαδρομή της μέσα από τη διακομβική οδό, φτάνει στον

κολποκοιλιακό κόμβο περίπου 0,03 sec μετά από τη γένεση της από το φλεβόκομβο. Ακολουθεί μια περαιτέρω καθυστέρηση 0,09 sec μέσα στον ίδιο τον κολποκοιλιακό κόμβο, πριν η διέγερση να εισέλθει μέσα στο κολποκοιλιακό δεμάτιο. Μια τελευταία καθυστέρηση 0,04 sec παρατηρείται κυρίως μέσα στο κολποκοιλιακό δεμάτιο, που αποτελείται από πολλαπλές μικρές δεσμίδες, οι οποίες διέρχονται μέσα από τον ινώδη συνδετικό ιστό που διαχωρίζει τους κόλπους από τις κοιλίες.

Έτσι, η ολική καθυστέρηση στα συστήματα του κολποκοιλιακού κόμβου και του κολποκοιλιακού δεματίου, είναι περίπου 0,13 sec. Το ένα τέταρτο περίπου από αυτόν το χρόνο καταναλίσκεται για τη δίοδο της διέγερσης μέσα από τις μεταβατικές ίνες, οι οποίες είναι πολύ μικρές ίνες με τις οποίες συνδέονται οι ίνες των διακομβικών οδών με τον κολποκοιλιακό κόμβο. Η ταχύτητα αγωγής μέσα σ' αυτές τις ίνες είναι μόνο 0,02 ως 0,05 m/sec, περίπου το 1/12 της ταχύτητας αγωγής μέσα στο φυσιολογικό μυοκάρδιο, με αποτέλεσμα τη μεγάλη καθυστέρηση της εισόδου της διέγερσης μέσα στον κολποκοιλιακό κόμβο. Μετά την είσοδο της διέγερσης μέσα στον ίδιο τον κόμβο, η ταχύτητα αγωγής της μέσα από τις ίνες του κόμβου εξακολουθεί να είναι μικρή, μόνο 0,05 m/sec, δηλαδή περίπου το 1/8 της ταχύτητας αγωγής στο φυσιολογικό μυοκάρδιο. Η μικρή αυτή ταχύτητα αγωγής παρατηρείται επίσης και στο κολποκοιλιακό δεμάτιο.



Εικόνα 2.5 Ο φλεβόκομβος και το σύστημα Purkinje της καρδιάς. Απεικονίζονται 1) ο φλεβόκομβος, 2) ο κολποκοιλιακός κόμβος, 3) το κολποκοιλιακό δεμάτιο και 4) το αριστερό και δεξί σκέλος του κολποκοιλιακού δεματίου[4]

Η εξαιρετικά μεγάλη βραδύτητα της αγωγής της διέγερσης στις μεταβατικές ίνες, καθώς και στις ίνες του κολποκοιλιακού κόμβου και στις ίνες του κολποκοιλιακού δεματίου, κατά ένα μέρος οφείλεται στο σημαντικά μικρότερο μέγεθος τους σε σύγκριση με τις φυσιολογικές μυϊκές ίνες του μυοκαρδίου των κόλπων.

Εντούτοις, η επιβράδυνση της αγωγής, κατά το μεγαλύτερο μέρος της οφείλεται σε δύο εντελώς διαφορετικούς παράγοντες. Πρώτο, όλες αυτές οι ίνες έχουν δυναμικά ηρεμίας της μεμβράνης, τα οποία είναι πολύ λιγότερο αρνητικά σε σύγκριση με τα φυσιολογικά δυναμικά ηρεμίας των άλλων μυϊκών ινών του μυοκαρδίου. Δεύτερο, οι διαδοχικές ίνες σε αυτήν την οδό συνδέονται μεταξύ τους με πολύ μικρό αριθμό χασματικών συνδέσεων και γι' αυτό η αντίσταση στην αγωγή της διέγερσης από τη μία ίνα στην άλλη, είναι μεγάλη. Έτσι, από τη μια μεριά η χαμηλή ηλεκτρική τάση για τη μετακίνηση των ιόντων, και από την άλλη η μεγάλη αντίσταση στη μετακίνηση τους, συντελούν στην επιβράδυνση της μετακίνησης της διέγερσης από τη μία ίνα στην άλλη.

2.4.4 Η αγωγή της διέγερσης μέσα από το σύστημα Purkinje

Οι ίνες Purkinje επεκτείνονται από τον κολποκοιλιακό κόμβο, μέσα από το κολποκοιλιακό δεμάτιο, προς τις κοιλίες. Εκτός από το αρχικό τους τμήμα, κατά τη δίοδο τους μέσα από τον ινώδη συνδετικό ιστό με τον οποίο διαχωρίζονται οι κόλποι από τις κοιλίες, οι ίνες αυτές εμφανίζουν λειτουργικά χαρακτηριστικά εντελώς αντίθετα από εκείνα των ινών που αποτελούν τον κολποκοιλιακό κόμβο.

Το μέγεθος τους είναι πολύ μεγάλο, μεγαλύτερο και από εκείνο των φυσιολογικών μυϊκών ινών του μυοκαρδίου των κοιλιών, και άγουν τα δυναμικά ενέργειας με ταχύτητα 1,5-4,0 ml sec, που είναι εξαπλάσια από εκείνη του συνήθους μυοκαρδίου και 150 φορές μεγαλύτερη από εκείνη που παρατηρείται σε ορισμένες μεταβατικές ίνες. Αυτό επιτρέπει τη σχεδόν άμεση μεταβίβαση της διέγερσης σε ολόκληρο το σύστημα των κοιλιών.

Η πολύ ταχεία αγωγή των δυναμικών δράσης από τις ίνες Purkinje πιστεύεται ότι οφείλεται στην αυξημένη διαπερατότητα των χασματικών συνδέσεων στους διάμεσους δίσκους, μεταξύ των διαδοχικών κυττάρων που αποτελούν αυτές τις ίνες. Σ' αυτούς τους δίσκους, τα ιόντα φέρονται με ευκολία από το ένα κύτταρο στο επόμενο, και με αυτόν τον τρόπο, η ταχύτητα της μετάδοσης της διέγερσης ενισχύεται. Επίσης, οι ίνες Purkinje περιέχουν ελάχιστα μόνο μυϊκά ινίδια, γεγονός που σημαίνει ότι ελάχιστα μόνο συστέλλονται κατά τη μετάδοση της διέγερσης.

2.4.5 Η αγωγή της διέγερσης μέσα από το κολποκοιλιακό δεμάτιο

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του κολποκοιλιακού δεματίου είναι ότι δεν επιτρέπει, εκτός από παθολογικές καταστάσεις, την παλινδρομη μετάδοση των δυναμικών δράσης μέσα στο δεμάτιο, με κατεύθυνση από τις κοιλίες προς τους κόλπους. Με αυτόν τον τρόπο παρακωλύεται η επανείσοδος της καρδιακής διέγερσης, με αυτή την οδό από τις κοιλίες προς τους κόλπους και επιτρέπεται μόνο η αγωγή από τους κόλπους προς τις κοιλίες.

Επίσης, το μυοκάρδιο των κόλπων χωρίζεται από το μυοκάρδιο των κοιλιών με ένα διαχωριστικό πέταλο από ινώδη συνδετικό ιστό. Αυτό το φράγμα

φυσιολογικά συμπεριφέρεται σαν μονωτής για την παρακώλυση της μεταβίβασης της διέγερσης μεταξύ των κόλπων και των κοιλιών με οποιαδήποτε άλλη οδό εκτός από την ορθόδρομη αγωγή της μόνο μέσα από το κολποκοιλιακό δεμάτιο. Εντούτοις, σε σπάνιες περιπτώσεις, κάποια δεσμίδα μυϊκού ιστού διέρχεται μέσα από τον ινώδη αυτό φραγμό, σε άλλο σημείο, εκτός από το κολποκοιλιακό δεμάτιο. Υπό αυτές τις συνθήκες, η διέγερση μπορεί να επανεισέρχεται, από το μυοκάρδιο των κοιλιών προς το μυοκάρδιο των κόλπων, και να προκαλεί βαριά καρδιακή αρρυθμία.

2.4.6 Η κατανομή των ινών Purkinje στις κοιλίες

Μετά τη δίοδο τους μέσα από τον ινώδη συνδετικό ιστό που παρεμβάλλεται μεταξύ των κόλπων και των κοιλιών, το περιφερικό τμήμα του κολποκοιλιακού δεματίου φέρεται προς τα κάτω, μέσα στο μεσοκοιλιακό διάφραγμα, για 5 ως 15 mm, προς την κατεύθυνση της κορυφής της καρδιάς, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.5. Στη συνέχεια, το δεμάτιο χωρίζεται σε δυο σκέλη, το αριστερό και το δεξί, τα οποία φέρονται κάτω από το ενδοκάρδιο των αντίστοιχων επιφανειών του μεσοκοιλιακού διαφράγματος. Το καθένα από αυτά τα σκέλη επεκτείνεται προς την κορυφή της αντίστοιχης κοιλίας, διαιρείται όμως και σε μικρούς κλάδους οι οποίοι επεκτείνονται και περιβάλλουν την κάθε κοιλία, και τελικά επεκτείνονται προς τη βάση της καρδιάς. Οι τελικές ίνες Purkinje εισδύουν κατά το ένα τρίτο περίπου το πάχος του μυοκαρδίου μέσα στη μυϊκή μάζα και καταλήγουν σε επαφή με μυϊκές ίνες.

Από τη στιγμή της εισόδου της διέγερσης της καρδιάς μέσα στο κολποκοιλιακό δεμάτιο μέχρι την άφιξη της στις απολήξεις των ινών Purkinje, μεσολαβεί χρονικό διάστημα 0,03 sec περίπου. Κατά συνέπεια, όταν μια καρδιακή διέγερση εισέλθει μέσα στο σύστημα Purkinje, επεκτείνεται σχεδόν αμέσως σε ολόκληρη την επιφάνεια του ενδοκαρδίου του μυοκαρδίου των κοιλιών.

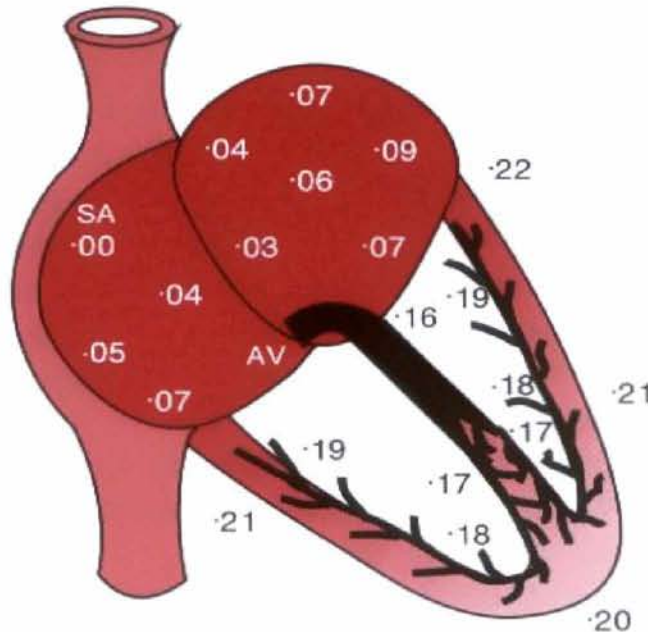
2.4.7 Η αγωγή της διέγερσης της καρδιάς μέσα στο μυοκάρδιο των κοιλιών

Μετά την άφιξη της διέγερσης της καρδιάς στα άκρα των ινών Purkinje, η περαιτέρω αγωγή της μέσα στη μάζα του μυοκαρδίου των κοιλιών γίνεται με τις ίδιες τις μυϊκές ίνες του μυοκαρδίου. Η ταχύτητα αγωγής της είναι τώρα μόνο 0,3-0,5 m/sec, δηλαδή έξι φορές μικρότερη σε σύγκριση με τις ίνες Purkinje.

Το μυοκάρδιο περιελίσσεται γύρω από την καρδιά σε διπλή σπείρα, με την παρεμβολή διαφραγμάτων από ινώδη ιστό ανάμεσα στις στιβάδες του μυϊκού ιστού. Γι' αυτό, η διέγερση δεν άγεται υποχρεωτικά κατευθείαν από τα έσω προς τα έξω, αλλά φέρεται προς την εξωτερική επιφάνεια της καρδιάς ακολουθώντας την κατεύθυνση των σπειρών των μυϊκών ινών. Γι' αυτό το λόγο, η αγωγή της διέγερσης από την επιφάνεια του ενδοκαρδίου ως την επι-καρδιακή επιφάνεια των κοιλιών, απαιτεί άλλα 0,03 sec, δηλαδή χρονικό διάστημα σχεδόν ίσο με εκείνο που απαιτείται για την αγωγή μέσα από ολόκληρο το σύστημα Purkinje. Έτσι, ο ολικός χρόνος που απαιτείται για την αγωγή της διέγερσης από την αρχή του συστήματος Purkinje ως τις τελευταίες διεγερόμενες ίνες του μυοκαρδίου των κοιλιών, στη φυσιολογική καρδιά, είναι περίπου 0,06 sec.

2.4.8 Ο μηχανισμός επέκτασης της ηλεκτρικής διέγερσης της καρδιάς

Στην Εικόνα 2.6 φαίνεται περιληπτικά η μετάδοση της διέγερσης σε όλα τα σημεία της καρδιάς, στον άνθρωπο. Οι αριθμοί στο σχήμα αντιπροσωπεύουν τον παρεμβαλλόμενο χρόνο, σε εκατοστά δευτερολέπτου, από την έναρξη της διέγερσης στο φλεβόκομβο, και της εμφάνισης της στο συγκεκριμένο σημείο.



Εικόνα 2.6 Μετάδοση της διέγερσης μέσα στην καρδιά, με το χρόνο εμφάνισης της διέγερσης (σε εκατοστά του δευτερολέπτου) σε διάφορα σημεία της[4]

Σημειώνεται ότι η διέγερση επεκτείνεται με μέτρια ταχύτητα μέσα από τους κόλπους, καθυστερείται όμως περισσότερο από 0,1 sec στην περιοχή του κολποκοιλιακού κόμβου, κολποκοιλιακή καθυστέρηση, πριν να εμφανιστεί στο κολποκοιλιακό δεμάτιο. Όταν πια εισέλθει στο δεμάτιο, επεκτείνεται ταχύτατα μέσα από τις ίνες Purkinje, σε ολόκληρη την επιφάνεια του ενδοκαρδίου των κοιλιών. Στη συνέχεια η διέγερση επεκτείνεται βραδέως μέσα στο μυοκάρδιο και φτάνει μέχρι την επικαρδιακή επιφάνεια της καρδιάς.

Είναι πολύ σημαντικό να κατανοήσει κανείς με λεπτομέρεια την πορεία της διέγερσης μέσα στην καρδιά, καθώς και τους χρόνους εμφάνισης της στα διάφορα σημεία της καρδιάς, γιατί η ποσοτική γνώση αυτής της διεργασίας είναι απαραίτητη για την κατανόηση της ηλεκτροκαρδιογραφίας

2.5 Η ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΡΔΙΑ

2.5.1 Ο φλεβόκομβος ως βηματοδότης της καρδιάς

Η γένεση και η αγωγή της διέγερσης μέσα από την καρδιά φυσιολογικά προέρχεται από το φλεβόκομβο. Παρόλα αυτά, υπό παθολογικές συνθήκες, αυτό δεν συμβαίνει σε όλες τις περιπτώσεις, γιατί τα άλλα τμήματα της καρδιάς είναι δυνατόν να εμφανίζουν ρυθμική συστολή, όπως ακριβώς και οι μυϊκές ίνες του φλεβόκομβου. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τις ίνες του κολποκοιλιακού κόμβου και τις ίνες Purkinje.

Οι ίνες του κολποκοιλιακού κόμβου, όταν δεν διεγείρονται από καμιά εξωτερική πηγή, αυτοδιεγείρονται με ενδογενή ρυθμό, 40 ως 60 φορές ανά λεπτό, οι δε ίνες Purkinje υπό τις ίδιες συνθήκες, υφίστανται αυτόματη διέγερση με ρυθμό 15 ως 40 φορές ανά λεπτό. Υπενθυμίζεται ότι ο φυσιολογικός ρυθμός της αυτόματης διέγερσης του φλεβόκομβου, είναι 70-80 φορές ανά λεπτό.

Για το λόγο αυτό προκύπτει το ερώτημα γιατί η ρυθμικότητα της καρδιάς ελέγχεται από το φλεβόκομβο και όχι από τον κολποκοιλιακό κόμβο ή τις ίνες Purkinje. Η απάντηση είναι απλά ότι ο ενδογενής ρυθμός του φλεβόκομβου είναι σημαντικά υψηλότερος, τόσο από εκείνον των ινών του κολποκοιλιακού κόμβου, όσο και από εκείνον των ινών Purkinje. Κάθε φορά που διεγείρεται ο φλεβόκομβος, η διέγερση άγεται, τόσο στις ίνες του κολποκοιλιακού κόμβου, όσο και στις ίνες Purkinje, με αποτέλεσμα την εκπόλωση της διεγερσιμης μεμβράνης τους. Στη συνέχεια αυτές οι ίνες, όπως και οι ίνες του φλεβόκομβου, αναλαμβάνουν από το δυναμικό δράσης και υπερπολώνονται. Οι ίνες όμως του φλεβόκομβου χάνουν αυτή την υπερπόλωση με πολύ ταχύτερο ρυθμό από τις άλλες δύο κατηγορίες ινών, και εκπέμπουν μια καινούρια διέγερση πριν οι άλλες ίνες προφτάσουν να φτάσουν σε κατάσταση για αυτοδιέγερση. Η καινούρια διέγερση προκαλεί και πάλι εκπόλωση, τόσο των ινών του κολποκοιλιακού κόμβου, όσο και των ινών Purkinje. Η διεργασία αυτή επαναλαμβάνεται συνεχώς, με το φλεβόκομβο να προκαλεί πάντοτε τη διέγερση των δυνητικά διεγερσιμων αυτών ινών, πριν να είναι δυνατή η αυτοδιέγερση τους.

Με αυτόν τον τρόπο, ο φλεβόκομβος ελέγχει την καρδιακή λειτουργία, όσον αφορά τη συχνότητα, γιατί η συχνότητα της ρυθμικής του διέγερσης είναι μεγαλύτερη από τη συχνότητα αυτοδιέγερσης οποιουδήποτε άλλου τμήματος της καρδιάς. Γι' αυτό το λόγο, ο φλεβόκομβος αποτελεί το φυσιολογικό βηματοδότη της καρδιάς.

2.5.2 Παθολογικοί βηματοδότες - Ο ετερότοπος βηματοδότης

Σε μερικές περιπτώσεις, κάποιο άλλο σημείο της καρδιάς αναπτύσσει συχνότητα ρυθμικής διέγερσης, η οποία είναι υψηλότερη από εκείνη του φλεβόκομβου. Για παράδειγμα, αυτό συμβαίνει συχνά στον κολποκοιλιακό κόμβο ή στις ίνες Purkinje. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις, ο βηματοδότης της καρδιάς μετακινείται από το φλεβόκομβο προς τον κολποκοιλιακό κόμβο, ή τις διεγερσιμες ίνες Purkinje. Υπό σπάνιες συνθήκες, ένα σημείο στο μυοκάρδιο των κόλπων ή των κοιλιών, αναπτύσσει υπέρμετρη διεγερσιμότητα, και καθίσταται βηματοδότης της καρδιάς.

Ο βηματοδότης που εντοπίζεται σε οποιοδήποτε άλλο σημείο της καρδιάς εκτός από το φλεβόκομβο, ονομάζεται ετερότοπος βηματοδότης. Είναι φανερό ότι ο ετερότοπος βηματοδότης προκαλεί ανωμαλίες όσον αφορά την αλληλουχία της συστολής των διαφόρων τμημάτων της καρδιάς.

Ένα άλλο αίτιο που προκαλεί μετακίνηση του βηματοδότη, είναι ο αποκλεισμός της αγωγής της διέγερσης από το φλεβόκομβο προς τα άλλα σημεία της καρδιάς. Ο αποκλεισμός αυτός συχνότερα παρατηρείται στον κολποκοιλιακό κόμβο ή στο κολποκοιλιακό δεμάτιο, κατά την πορεία του προς τις κοιλίες. Κατά τον κολποκοιλιακό αποκλεισμό, οι κόλποι εξακολουθούν να συστέλλονται με το φυσιολογικό ρυθμό του φλεβόκομβου, ενώ παράλληλα αναλαμβάνει λειτουργία ένας καινούριος βηματοδότης, μέσα στο σύστημα Purkinje των κοιλιών, ο οποίος προκαλεί τη συστολή του μυοκαρδίου των κοιλιών με καινούρια συχνότητα, γύρω στις 15 με 40 φορές το λεπτό. Εντούτοις, το σύστημα των ινών Purkinje, μετά από αιφνίδιο αποκλεισμό, δεν αναλαμβάνει αμέσως τη ρυθμική λειτουργία, παρά μετά πάροδο 5-30 sec. Σε όλο αυτό το χρονικό διάστημα οι κοιλίες δεν αντλούν αίμα, το δε άτομο λιποθυμεί μετά τα 4-5 δευτερόλεπτα, εξαιτίας της αναστολής της αιμάτωσης του εγκεφάλου. Η κατάσταση αυτή λέγεται σύνδρομο των Stokes-Adams. Εάν αυτή η περίοδος είναι μεγαλύτερη, είναι δυνατόν να οδηγήσει και σε θάνατο.

2.5.3 Ο ρόλος του συστήματος Purkinje για τη σύγχρονη συστολή του μυοκαρδίου των κοιλιών

Από την προηγούμενη περιγραφή του συστήματος Purkinje είναι φανερό ότι η διέγερση φτάνει, σε όλα τα σημεία των κοιλιών με ελάχιστη μόνο διαφορά χρόνου, και διεγείρει την πρώτη ίνα του μυοκαρδίου των κοιλιών 0,06 sec μόνο πριν από τη διέγερση της τελευταίας ίνας αυτού του μυοκαρδίου.

Είναι φανερό ότι, με την ταχεία αυτή επέκταση της διέγερσης σε ολόκληρη τη μάζα αυτού του μυοκαρδίου, προκαλείται η συστολή όλων των τμημάτων του μυοκαρδίου και των δυο κοιλιών σχεδόν συγχρόνως. Για την αποτελεσματική άντληση του αίματος από τις κοιλότητες των δυο κοιλιών, αυτός ο τύπος της σύγχρονης συστολής είναι απαραίτητος. Εάν η διέγερση επεκτεινόταν στα διάφορα τμήματα του μυοκαρδίου με βραδύτητα, τότε ένα μεγάλο τμήμα του μυοκαρδίου των κοιλιών θα συστελλόταν πριν από το υπόλοιπο, οπότε το ολικό αντλητικό αποτέλεσμα θα ήταν πολύ μικρότερο. Πράγματι, σε ορισμένες μορφές καρδιακής ανεπάρκειας παρατηρείται μια τέτοια βραδεία επέκταση της διέγερσης, με αποτέλεσμα την ελάττωση της αντλητικής απόδοσης των κοιλιών μέχρι 20 ως 30%.

ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑ

3.1 ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑ

Το ΗΚΓ αποτελεί την ηλεκτρική καταγραφή της καρδιακής δραστηριότητας. Η μηχανική λειτουργία της καρδιάς συνδέεται στενά με την ηλεκτρική της δραστηριότητα. Συνεπώς, το ΗΚΓ αποτελεί χρήσιμο διαγνωστικό εργαλείο στην εκτίμηση της σωστής καρδιακής λειτουργίας.

Η επεξεργασία του ΗΚΓ γίνεται με σκοπό την παρουσίαση της καρδιακής δραστηριότητας με όσο το δυνατό λεπτομερέστερο σήμα. Το αντίστροφο πρόβλημα στην καρδιολογία ορίζεται ως η μέγιστη δυνατότητα εντόπισης της ηλεκτρικής δραστηριότητας του φαινομένου που λαμβάνει χώρα τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Αν και αυτό είναι πολύ δύσκολο λόγω της υπερβολικής πολυπλοκότητας που παρουσιάζει το νευρικό δένδρο αγωγής της καρδιάς, έχουν ανακαλυφθεί και εφαρμοστεί με επιτυχία αρκετά είδη καρδιογράφων που εξασφαλίζουν ικανοποιητικά την παραπάνω συνθήκη.

Το μεγαλύτερο μέρος των υπαρχόντων ηλεκτροκαρδιογράφων πραγματοποιεί ηλεκτρικές μετρήσεις στην επιφάνεια του ανθρώπινου σώματος. Ένα απλό ΗΚΓ αποτελείται από το PQRSΤ σύμπλεγμα με εύρος μόλις λίγων millivolts. Συνήθως το εύρος ζώνης ενός τέτοιου σήματος κυμαίνεται στην περιοχή 0,05-100Hz, όπου περιέχεται σχεδόν όλη η ενέργεια του.

Το πρώτο βήμα στην επεξεργασία του ΗΚΓ είναι η αναγνώριση του R κύματος. Η αναγνώριση αυτή πραγματοποιείται με διάφορες μεθόδους συγχρονισμού συνεχόμενων R-R παλμών. Η ανάλυση του διαστήματος είναι μια πολύ χρήσιμη διαδικασία που χρησιμοποιείται πρωτίστως στην εξάλειψη του θορύβου από το σήμα αλλά και στην ανάλυση κυματιδίου. Πολλή προσπάθεια έχει γίνει στην ανάπτυξη αλγορίθμων αυτόματης επεξεργασίας του ΗΚΓ, τη συμπίεση του και την κατάταξη του σε διακριτές τάξεις.

3.1.1 Τα είδη του ηλεκτροκαρδιογραφήματος

Τα πιο γνωστά είδη καρδιογραφημάτων είναι τα εξής:

ΗΚΓ υψηλής συχνότητας: Έχει διαπιστωθεί ότι η υψηλή περιοχή συχνοτήτων 100-1000Hz περιέχει επιπρόσθετη πληροφορία της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς. Κυματομορφές που καλούνται notch και slurs έχουν καταγραφεί υπερτεθειμένες στο γνωστό QRS σύμπλεγμα.

Εμβρυακό ΗΚΓ: Αυτό το είδος αφορά τα διαφορετικά ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή του (ηλεκτρόδια με όχι λεία επιφάνεια). Το βασικότερο πρόβλημα σε αυτό το ΗΚΓ είναι οι μεγάλες παρεμβολές που υπερτίθενται στο σήμα από την ηλεκτρική δραστηριότητα μυώνων που βρίσκονται κοντά στην περιοχή της καρδιάς. Προσαρμοστικά φίλτρα (adaptive filters) έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την αύξηση του λόγου σήματος προς θόρυβο, στο συγκεκριμένο είδος ΗΚΓ.

His Purkinje ΗΚΓ: Αυτό το ΗΚΓ γίνεται με καθετηριασμό και αφορά την απευθείας καταγραφή του ηλεκτρικού δυναμικού του His Purkinje νευρικού δένδρου. Το σήμα που καταγράφεται έχει εύρος 1-10μV. Σήματα με τόσο μικρό

εύρος απαιτούν συγχρονισμένες τεχνικές averaging για την περαιτέρω επεξεργασία τους

Διανυσματικά ΗΚΓ: Αντί να καταγράφονται ηλεκτρικά δυναμικά από τα ηλεκτρόδια στην επιφάνεια του σώματος σε συνάρτηση με το χρόνο, είναι δυνατό να καταγράφεται και να παρουσιάζεται η ηλεκτρική δραστηριότητα του ενός ηλεκτροδίου σε σχέση με την ηλεκτρική δραστηριότητα κάποιου άλλου ή κάποιου συνδυασμού άλλων ηλεκτροδίων. Έτσι, υιοθετώντας μια συγκεκριμένη τοπολογία πάνω στην επιφάνεια του σώματος για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, μπορεί να μετρηθεί η προβολή του διπόλου της καρδιάς (μοντελοποίηση) στα επίπεδα (x,y) , (y,z) και (x,z) . Ορισμένοι γνωστοί συνδυασμοί ηλεκτροδίων είναι το Frank σύστημα συντεταγμένων, το τετράεδρο και το κυβικό διανυσματικό ΗΚΓ.

Φωνοκαρδιογράφημα (ΦΚΓ): το ΦΚΓ είναι η καταγραφή ήχων που δημιουργούνται από την καρδιά και τις μεγαλύτερες αρτηρίες της. Το ΦΚΓ εφαρμόζεται με επεμβατικές μεθόδους, σύμφωνα με τις οποίες μικρόφωνο τοποθετείται στην καρδιά και τις γειτονικές αρτηρίες. Επίσης, μπορεί να εφαρμοστεί μη επεμβατικά με τοποθέτηση μικροφώνων στην επιφάνεια του σώματος και γύρω από την καρδιά.

Οι ήχοι που καταγράφονται πάνω στην επιφάνεια του σώματος εξαρτώνται από το σημείο που βρίσκεται η πηγή, την ευαισθησία τους και τις ακουστικές εκπομπές των γειτονικών ιστών με την καρδιά. Το εύρος ζώνης αυτών των ήχων είναι 20-1000Hz.

Οι γνωστότεροι ήχοι που παράγουν οι κτύποι της καρδιάς χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

Πρώτος καρδιακός ήχος. Ο πρώτος καρδιακός ήχος προέρχεται από τη συστολή των κοιλιών και της μιτροειδούς βαλβίδας. Αυτός ο ήχος διαρκεί 100 με 120 msec

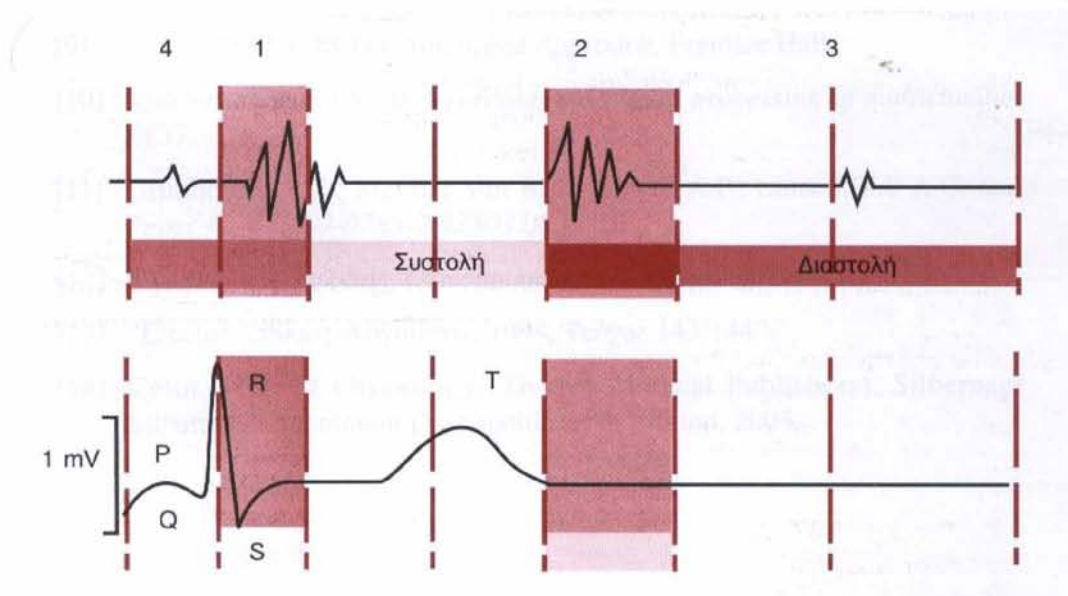
Δεύτερος καρδιακός ήχος. Αυτός ο ήχος παράγεται από την τριγλώχινα βαλβίδα. Συνήθως δύο συνιστώσες αυτού του σήματος ανιχνεύονται, μια από την αορτή και μια από τις φλέβες των πνευμόνων.

Τρίτος καρδιακός ήχος. Η πηγή παραγωγής αυτού του ήχου δεν έχει ακόμη βρεθεί. Είναι ένα χαμηλής συχνότητας σήμα (20 με 70 Hz) με εύρος που παράγεται κατά τη διάρκεια των κοιλιακών συστολών σε έκτοπους παλμούς. Ο ήχος αυτός διαρκεί 40 με 50 msec.

Τέταρτος καρδιακός ήχος. Ο ήχος αυτός παράγεται κατά τη διάρκεια των κολπικών συσπάσεων. Σε διάρκεια και εύρος ζώνης είναι ίδιος με τον τρίτο ήχο.

Διαταραχές του καρδιακού ήχου

Η διαγνωστική αξία του φωνοκαρδιογραφήματος πηγάζει από την ικανότητα της ανάλυσης του σήματος που αυτό δίνει σε παθολογικές περιπτώσεις. Τέτοιες παθολογικές διαταραχές εμφανίζονται σε διάφορες μορφές. Οι σημαντικότερες αυτών εμφανίζουν μεταβολές στην πυκνότητα του σήματος, στη διασπορά του στο χρόνο και τη μείωση του εύρους ζώνης του.

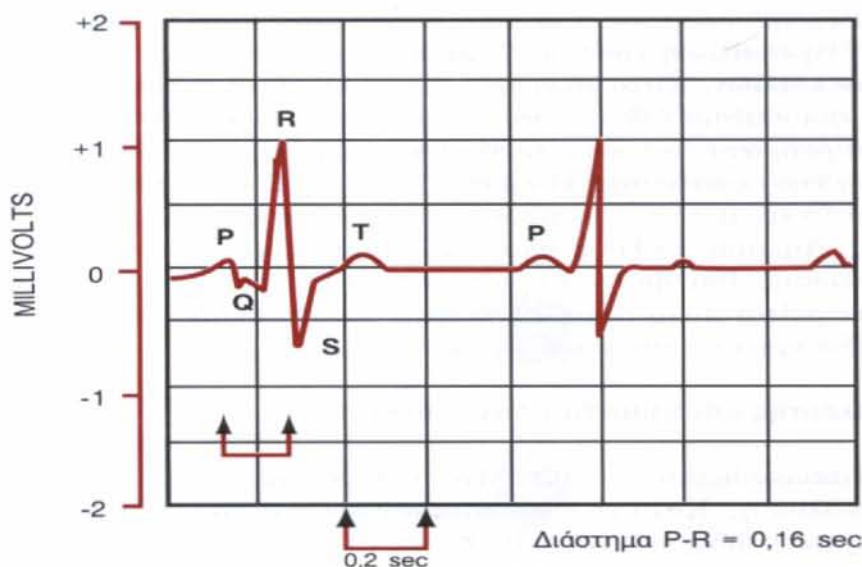


Εικόνα3.1 Πάνω τμήμα: φωνοκαρδιογράφημα, κάτω τμήμα: ηλεκτροκαρδιογράφημα[4]

3.2 ΤΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑ

Κατά την επέκταση του κύματος της διέγερσης στα διάφορα τμήματα της καρδιάς, ηλεκτρικά ρεύματα διατρέχουν τους ιστούς γύρω από την καρδιά, ένα μικρό δε μέρος από αυτά φτάνει μέχρι την επιφάνεια του σώματος. Εάν τοποθετηθούν ηλεκτρόδια πάνω στο δέρμα από τη μία και την άλλη πλευρά της καρδιάς, καθίσταται δυνατή η καταγραφή των ηλεκτρικών δυναμικών που παράγονται από την καρδιά. Η καμπύλη που λαμβάνεται με αυτόν τον τρόπο ονομάζεται ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ).

Συνεπώς το ΗΚΓ, αντανakλά τα ηλεκτρικά γεγονότα τα οποία σχετίζονται με την καρδιακή διέγερση και παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον ανατομικό προσανατολισμό της καρδιάς, τα σχετικά μεγέθη των καρδιακών κοιλοτήτων, την καρδιακή συχνότητα, το ρυθμό, την παραγωγή και την αγωγή της διέγερσης και τις διαταραχές στα παραπάνω γεγονότα, ανεξάρτητα από το αν οφείλονται σε ανατομικές, μηχανικές, μεταβολικές ή κυκλοφορικές ατέλειες. Επίσης, οι αλλαγές στις ηλεκτρολυτικές συγκεντρώσεις και η επίδραση ορισμένων φαρμακευτικών ουσιών μπορούν να ανιχνευθούν με τη βοήθεια του ΗΚΓ. Το ΗΚΓ, όμως, δεν παρέχει άμεσες πληροφορίες σχετικά με τη συστολή και την αντλητική ικανότητα της καρδιάς. Αυτές οι ιδιότητες μπορούν να κριθούν με βάση την πίεση του αίματος, την καρδιακή παροχή (cardiac output), τους καρδιακούς ήχους κ.ά.



Εικόνα 3.2 Φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα που απεικονίζει δύο διαδοχικούς καρδιακούς παλμούς[4]

3.21 Τα χαρακτηριστικά του φυσιολογικού ηλεκτροκαρδιογραφήματος

Το φυσιολογικό ΗΚΓ αποτελείται από ένα κύμα P, ένα «σύμπλεγμα QRS» και ένα κύμα T. Το σύμπλεγμα QRS συνήθως αποτελείται από τρία διαφορετικά κύματα, τα Q, R και S, που παράγονται και τα τρία από τη διέλευση της καρδιακής διέγερσης από τις κοιλίες.

Το κύμα P προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα, τα οποία παράγονται κατά την εκπόλωση των κόλπων, πριν από τη συστολή τους, ενώ το σύμπλεγμα QRS προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα, τα οποία παράγονται κατά την εκπόλωση των κοιλιών πριν από τη συστολή τους, δηλαδή, κατά την επέκταση της εκπόλωσης στο μυοκάρδιο των κοιλιών. Έτσι, τόσο το κύμα P, όσο και τα κύματα που αποτελούν το σύμπλεγμα QRS, είναι κύματα εκπόλωσης.

Το κύμα T προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα τα οποία παράγονται κατά την ανάνηψη των κοιλιών από την κατάσταση της εκπόλωσης. Η διεργασία αυτή επιτελείται στο μυοκάρδιο των κοιλιών 0,25-0,35 sec μετά την εκπόλωση και αυτό το κύμα χαρακτηρίζεται ως κύμα επαναπόλωσης. Δηλαδή, το ΗΚΓ αποτελείται από κύματα εκπόλωσης και από κύματα επαναπόλωσης.

3.2.2 Κύματα εκπόλωσης και κύματα επαναπόλωσης

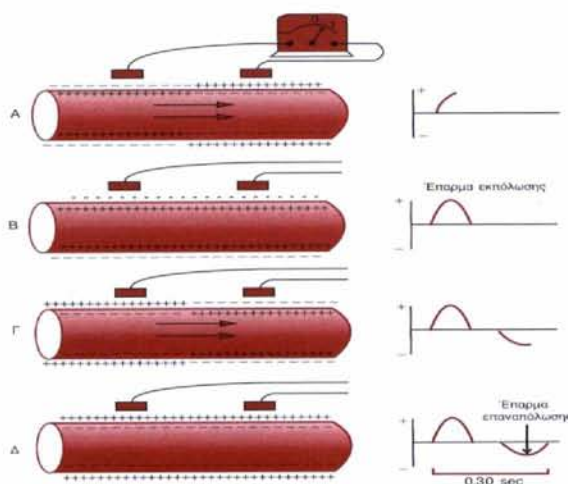
Η διάκριση μεταξύ των κυμάτων εκπόλωσης και επαναπόλωσης θεωρείται πολύ σημαντική στην ηλεκτροκαρδιογραφία. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται μια μυϊκή ίνα μυοκαρδίου σε τέσσερα διαφορετικά στάδια εκπόλωσης και επαναπόλωσης. Κατά τη διεργασία της «εκπόλωσης» το φυσιολογικό αρνητικό δυναμικό στο εσωτερικό της ίνας παύει να υπάρχει, το δε δυναμικό της μεμβράνης στην πραγματικότητα αντιστρέφεται, δηλαδή γίνεται ελαφρά θετικό στο εσωτερικό της ίνας, και αρνητικό στην εξωτερική της επιφάνεια.

Στο Α, η διεργασία της εκπόλωσης, που απεικονίζεται με την ηλεκτροθετικότητα στο εσωτερικό και την ηλεκτροαρνητικότητα στην εξωτερική επιφάνεια, επεκτείνεται από τα αριστερά στα δεξιά. Το πρώτο μισό τμήμα της ίνας έχει ήδη υποστεί εκπόλωση, ενώ το υπόλοιπο μισό διατηρεί ακόμη την πόλωση του. Συνεπώς, το αριστερό ηλεκτρόδιο πάνω στην ίνα βρίσκεται σε περιοχή αρνητικότητας όταν έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό της ίνας, ενώ το δεξιό ηλεκτρόδιο βρίσκεται σε περιοχή θετικότητας. Αυτό καταγράφεται ως θετική απόκλιση. Στα δεξιά της μυϊκής ίνας απεικονίζεται η καμπύλη του δυναμικού, όπως καταγράφεται από όργανο με μεγάλη ταχύτητα καταγραφής, όπως είναι σε αυτό το συγκεκριμένο στάδιο εκπόλωσης. Όταν η εκπόλωση φτάσει στο μέσο της ίνας, το καταγραφόμενο δυναμικό βρίσκεται στη μέγιστη θετική του τιμή.

Στο Β η εκπόλωση έχει επεκταθεί σε ολόκληρη τη μυϊκή ίνα και η καμπύλη, στα δεξιά, έχει επανέλθει στην ισοηλεκτρική γραμμή, επειδή και τα δυο ηλεκτρόδια βρίσκονται τώρα σε περιοχές ίσης αρνητικότητας μεταξύ τους. Το συμπληρωμένο αυτό κύμα είναι κύμα εκπόλωσης, γιατί προκαλείται από την επέκταση της διέγερσης σε ολόκληρο το μήκος της μυϊκής ίνας.

Στο Γ απεικονίζεται η διεργασία επαναπόλωσης της μυϊκής ίνας, η οποία έχει ήδη προχωρήσει ως το μέσο της ίνας, από αριστερά προς τα δεξιά. Σε αυτό το σημείο, το αριστερό ηλεκτρόδιο βρίσκεται σε επαφή με περιοχή θετικότητας, ενώ το δεξιό ηλεκτρόδιο βρίσκεται σε περιοχή αρνητικότητας. Η πολικότητα των δυο ηλεκτροδίων είναι ακριβώς η αντίθετη από εκείνη του Α, γι' αυτό και η καμπύλη του δυναμικού που απεικονίζεται στα δεξιά, γίνεται αρνητική.

Τέλος, στο Δ η μυϊκή ίνα έχει πλήρως επαναπολωθεί και τα δυο ηλεκτρόδια βρίσκονται σε επαφή με περιοχές θετικότητας, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει πλέον διαφορά δυναμικού μεταξύ τους. Έτσι, στην καμπύλη στα δεξιά του σχήματος, το δυναμικό επανέρχεται και πάλι στην ισοηλεκτρική γραμμή. Το συμπληρωμένο αυτό αρνητικό κύμα χαρακτηρίζεται ως κύμα επαναπόλωσης, επειδή προκαλείται από την επέκταση της διεργασίας επαναπόλωσης πάνω στη μυϊκή ίνα.[4]

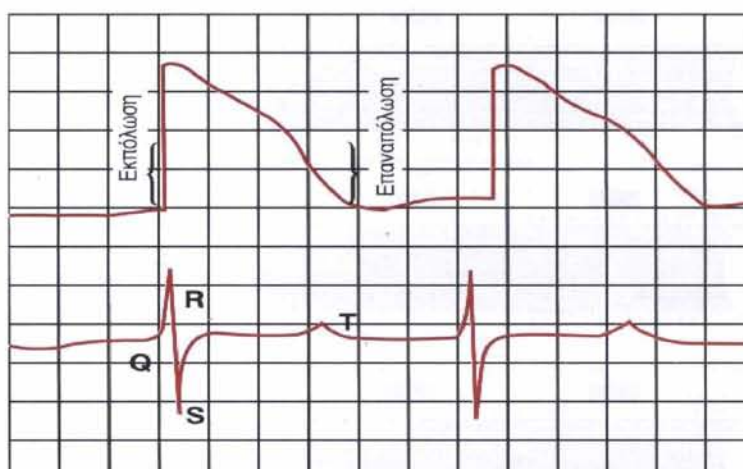


Εικόνα 3.3 Καταγραφή του κύματος εκπόλωσης και επαναπόλωσης από μία μυϊκή ίνα μυοκαρδίου[4]

Η σχέση του μονοφασικού δυναμικού δράσης του μυοκαρδίου προς τα κύματα QRS και T

Το μονοφασικό δυναμικό δράσης του μυοκαρδίου των κοιλιών διαρκεί φυσιολογικά από 0,25 ως 0,35 sec. Στο πάνω μέρος του επόμενου σχήματος απεικονίζεται μονοφασικό δυναμικό δράσης, που έχει καταγραφεί με μικροηλεκτρόδιο το οποίο έχει εισαχθεί μέσα σε μυϊκή ίνα του μυοκαρδίου των κοιλιών. Η σχεδόν κάθετη προς τα πάνω γραμμή του δυναμικού ενέργειας προκαλείται από την εκπόλωση και η επάνοδος του δυναμικού στη βασική γραμμή προκαλείται από την επαναπόλωση. Στο κάτω μέρος του σχήματος υπάρχει σύγχρονη καταγραφή ηλεκτροκαρδιογραφήματος από την ίδια κοιλία, στο οποίο φαίνεται ότι το σύμπλεγμα QRS εμφανίζεται στην αρχή του μονοφασικού δυναμικού δράσης και το κύμα T προς το τέλος του.

Στο ΗΚΓ δεν αναγράφεται καθόλου δυναμικό όταν το μυοκάρδιο των κοιλιών διατηρεί πλήρως την πόλωση του ή όταν βρίσκεται σε πλήρη εκπόλωση. Παρατηρείται ροή ηλεκτρικού ρεύματος από ένα μέρος των κοιλιών σε άλλο μόνο όταν το μυοκάρδιο είναι κατά ένα μέρος μόνο σε κατάσταση πόλωσης και κατά το άλλο μέρος σε κατάσταση εκπόλωσης και κατά συνέπεια παρατηρείται και ροή του στην επιφάνεια του σώματος, οπότε και προκαλείται η γένεση των κυμάτων του ΗΚΓ.



Εικόνα 3.4 Πάνω: Μονοφασικό δυναμικό δράσης κοιλιακής μυοκαρδικής ίνας κατά τη διάρκεια φυσιολογικής καρδιακής λειτουργίας, όπου φαίνεται η ταχεία εκπόλωση και ακολουθεί η βραδεία επαναπόλωση με σημαντική επιτάχυνση προς το τέλος. Κάτω: Σύγχρονη καταγραφή ΗΚΓ

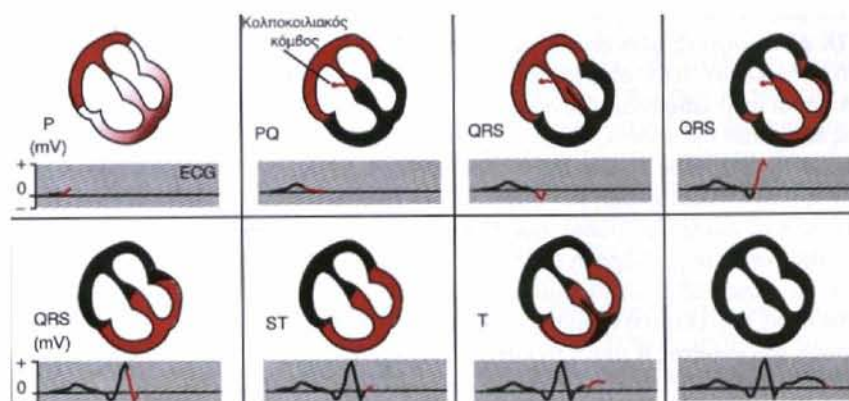
Η συσχέτιση της συστολής των κόλπων και κοιλιών προς τα κύματα του ΗΚΓ

Πριν να είναι δυνατή η συστολή του μυός, είναι απαραίτητη η επέκταση της εκπόλωσης στο μυοκάρδιο, για την έναρξη των χημικών διεργασιών της συστολής. Το κύμα P προκαλείται από την επέκταση της εκπόλωσης στους κόλπους, τα δε κύματα QRS από την επέκταση της εκπόλωσης στις κοιλίες. Κατά συνέπεια, το κύμα P εμφανίζεται αμέσως πριν από την έναρξη της συστολής των κόλπων, ενώ το σύμπλεγμα QRS αμέσως πριν από την έναρξη της συστολής των κοιλιών. Οι κοιλίες παραμένουν σε κατάσταση συστολής για μερικά msec μετά την επαναπόλωση, δηλαδή μετά το τέλος του κύματος T.

Το κύμα επαναπόλωσης των κοιλιών, στο φυσιολογικό ΗΚΓ, είναι το κύμα T. Φυσιολογικά, ορισμένες μυϊκές ίνες του μυοκαρδίου των κοιλιών αρχίζουν να επαναπολούνται 0,2 sec περίπου μετά την έναρξη του κύματος εκπόλωσης, πολλές άλλες ίνες όμως αρχίζουν να επαναπολούνται βραδύτερα, μέχρι και 0,35 sec. Έτσι, η διεργασία της επαναπόλωσης επεκτείνεται μέσα σε σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα, περίπου 0,15 sec. Αυτό έχει ως συνέπεια, το κύμα T στο φυσιολογικό ΗΚΓ να είναι συχνά παρατεταμένο. Όμως η ηλεκτρική του τάση είναι σημαντικά μικρότερη από την τάση του συμπλέγματος QRS και αυτό οφείλεται μερικώς στη μεγάλη του διάρκεια.

Οι κόλποι επαναπολούνται περίπου 0,15-0,20 sec μετά το κύμα εκπόλωσης. Ο χρόνος όμως αυτός συμπίπτει με την εμφάνιση του συμπλέγματος QRS στο ΗΚΓ. Κατά συνέπεια, το κύμα επαναπόλωσης των κόλπων, γνωστό ως T των κόλπων, συνήθως επικαλύπτεται από το πολύ μεγαλύτερο σύμπλεγμα QRS. Γι' αυτό το λόγο, είναι σπάνιο να παρατηρηθεί κολπικό κύμα T στο ΗΚΓ.

Παρουσιάζονται οι διάφορες φάσεις της καρδιακής λειτουργίας σε σχέση με τα τμήματα του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.



Εικόνα 3.5 Οι φάσεις της καρδιακής λειτουργίας σε σχέση με τα τμήματα του ΗΚΓ. Οι περιοχές όπου υπάρχει διέγερση φαίνονται με κόκκινο χρώμα ενώ οι περιοχές με μαύρο είναι αυτές στις οποίες χάνεται η διέγερση.[4]

3.2.3 Η βαθμονόμηση του ΗΚΓ ως προς την ηλεκτρική τάση και το χρόνο

Όλα τα ηλεκτροκαρδιογραφήματα λαμβάνονται με τις κατάλληλες γραμμώσεις βαθμονόμησης στο χαρτί. Οι γραμμώσεις αυτές είτε είναι τυπωμένες στο χαρτί από πριν, όπως συμβαίνει στην περίπτωση που η καμπύλη αναγράφεται με γραφίδα, είτε αναγράφονται στο χαρτί κατά τη διάρκεια του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, όπως όταν η αναγραφή γίνεται με τη χρήση ηλεκτροκαρδιογράφου φωτογραφικού τύπου.

Οι οριζόντιες γραμμές στο ΗΚΓ αποτελούν γραμμές βαθμονόμησης τάσης. Είναι χαραγμένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε δέκα μικρές υποδιαιρέσεις, προς τα πάνω ή προς τα κάτω, στο σύνηθες ΗΚΓ, να αντιστοιχούν σε 1 mV θετικής απόκλισης προς τα πάνω και αρνητικής απόκλισης προς τα κάτω.

Οι κάθετες γραμμές στο ΗΚΓ αποτελούν γραμμές βαθμονόμησης χρόνου. Κάθε 2,5 cm, σε οριζόντια κατεύθυνση, αντιστοιχούν σε χρόνο 1 sec, αυτή η απόσταση συνήθως υποδιαιρείται σε πέντε ίσα μέρη, με παχύτερες κάθετες γραμμές. Τα διαστήματα μεταξύ αυτών των γραμμών αντιστοιχούν σε χρόνο 0,2 sec. Με τη σειρά τους, τα μικρά αυτά διαστήματα χωρίζονται, με λεπτότερες κάθετες γραμμές, σε πέντε μικρότερα διαστήματα των 0,04 sec.

3.2.4 Οι φυσιολογικές ηλεκτρικές τάσεις στο ΗΚΓ

Η ηλεκτρική τάση των κυμάτων στο φυσιολογικό ΗΚΓ εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται στην επιφάνεια του σώματος. Όταν το ένα ηλεκτρόδιο τοποθετείται αμέσως πάνω από την καρδιά, και το δεύτερο ηλεκτρόδιο τοποθετείται σε κάποιο άλλο σημείο του σώματος, η ηλεκτρική τάση του συμπλέγματος QRS μπορεί να φτάνει τα 3 ή 4 mV. Αλλά ακόμη και αυτή η τάση είναι πολύ μικρή, σε σύγκριση με το μονοφασικό δυναμικό δράσης των 110 mV, όπως καταγράφεται, με άμεσο τρόπο, από την κυτταρική μεμβράνη μυϊκής ίνας του μυοκαρδίου. Όταν το ΗΚΓ καταγράφεται με ηλεκτρόδια τοποθετημένα στα δυο άνω άκρα, είτε σε ένα άνω και σε ένα κάτω άκρο, η ηλεκτρική τάση του συμπλέγματος QRS είναι συνήθως 1 mV από την κορυφή του κύματος R μέχρι το κάτω μέρος του κύματος S. Εξάλλου η ηλεκτρική τάση του κύματος P είναι 0,1-0,3 mV και του κύματος T 0,2-0,3 mV.

Το διάστημα P-Q ή P-R: Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ του κύματος P και της αρχής του συμπλέγματος QRS είναι ο χρόνος που παρέρχεται από την έναρξη της συστολής των κόλπων, μέχρι την έναρξη της συστολής των κοιλιών. Το χρονικό αυτό διάστημα ονομάζεται διάστημα P-Q. Το φυσιολογικό διάστημα P-Q είναι περίπου 0,16 sec. Αυτό το διάστημα σε μερικές περιπτώσεις ονομάζεται διάστημα P-R γιατί το Q συχνά απουσιάζει.

Το διάστημα Q-T: Η συστολή των κοιλιών πρακτικά διαρκεί από την αρχή του κύματος Q μέχρι το τέλος του κύματος T. Το χρονικό αυτό διάστημα ονομάζεται διάστημα Q-T και η φυσιολογική του διάρκεια είναι 0,35 sec.

3.3 Η ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑ

Υπάρχουν δύο άπλες μέθοδοι για τη μέτρηση της καρδιακής συχνότητας, δηλαδή του αριθμού καρδιακών παλμών ανά λεπτό, από το ΗΚΓ.

Πρώτος τρόπος

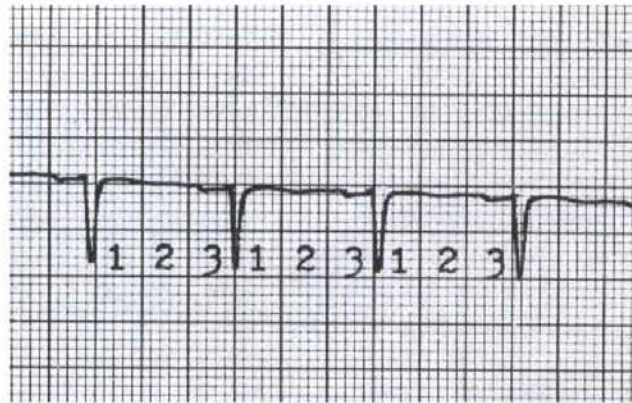
Όταν η συχνότητα είναι κανονική ο ευκολότερος τρόπος, είναι να μετρηθεί ο αριθμός των μεγάλων (0.20 sec) τετραγώνων μεταξύ δύο διαδοχικών συμπλεγμάτων QRS και να διαιρεθεί ο σταθερός αριθμός 300 μ' αυτό τον αριθμό. Το αποτέλεσμα της διαίρεσης είναι η καρδιακή συχνότητα σε παλμούς ανά λεπτό. Για παράδειγμα, στην Εικόνα 3.6 η καρδιακή συχνότητα είναι 100 παλμοί/min, διότι τα μεγάλα τετράγωνα ανάμεσα σε δύο διαδοχικά επάρματα R είναι 3 ($300:3 = 100$). Παρόμοια, αν μεταξύ δύο διαδοχικών επαρμάτων R υπάρχουν δύο μεγάλα τετράγωνα, ή καρδιακή συχνότητα θα είναι 150 παλμοί/min, ενώ αν μεσολαβούν πέντε μεγάλα τετράγωνα, θα είναι 60 παλμοί/min. Ο αριθμός των μεγάλων (0,20 sec) τετραγώνων χρησιμοποιείται σαν διαιρέτης του 300, διότι $300 \cdot 0,20 = 60 \text{ sec} = 1 \text{ min}$

Αν η καρδιακή συχνότητα είναι ανάγκη να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια από το ΗΚΓ, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η έξης τροποποίηση του παρά πάνω κανόνα: μετρείται ο αριθμός των μικρών (0,04 sec) τετραγώνων μεταξύ δύο διαδοχικών επαρμάτων R και με αυτόν διαιρείται ο σταθερός αριθμός 1500. Το αποτέλεσμα είναι πάλι η καρδιακή συχνότητα σε παλμούς ανά λεπτό. Για παράδειγμα, στην Εικόνα 3.6 μεταξύ δύο διαδοχικών συμπλεγμάτων QRS υπάρχουν 15 μικρά χρονικά τετράγωνα. Οπότε η καρδιακή συχνότητα είναι $1500:15 = 100$ παλμοί/min.

Δεύτερος τρόπος

Όταν η καρδιακή συχνότητα είναι ανώμαλη, η πρώτη μέθοδος δεν θα δώσει ακριβή αποτελέσματα, διότι τα διαστήματα μεταξύ των συμπλεγμάτων QRS θα διαφέρουν από παλμό σε παλμό. Σε αυτές τις περιπτώσεις, μπορεί απλά να βρεθεί μια μέση συχνότητα, μετρώντας τον αριθμό των καρδιακών κύκλων, δηλαδή το διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών επαρμάτων R, κάθε 6 sec και πολλαπλασιάζοντας τον επί 10. Η μέτρηση του αριθμού των καρδιακών κύκλων κάθε 6 δευτερόλεπτα μπορεί να γίνει εύκολα, διότι το χαρτί του ΗΚΓ σημαδεύεται με κάθετες ενδείξεις κάθε 3 sec.

Εξ ορισμού, μια καρδιακή συχνότητα που ξεπερνά τους 100 παλμούς/min ονομάζεται ταχυκαρδία, ενώ όταν είναι μικρότερη από 60 παλμούς/min ονομάζεται βραδυκαρδία. Έτσι, κατά τη διάρκεια φυσικής άσκησης είναι πιθανό να αναπτυχθεί φλεβοκομβική ταχυκαρδία, ενώ κατά τον ύπνο ή την ανάπαυση η καρδιακή συχνότητα μπορεί να πέσει στους 50 παλμούς, οι οποίοι είναι ενδεικτικοί φλεβοκομβικής βραδυκαρδίας.[5]



Εικόνα 3.6 Μέτρηση της καρδιακής συχνότητας. Εδώ η συχνότητα είναι $300/3=100$ παλμοί/min[5]

3.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ

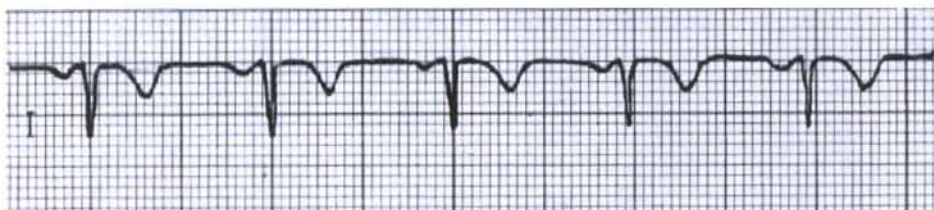
Η οποιαδήποτε συσκευή χρησιμοποιείται για την καταγραφή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος είναι απαραίτητο να ανταποκρίνεται ταχύτητα διότι τα ηλεκτρικά ρεύματα τα οποία παράγονται από το μυοκάρδιο κατά τη διάρκεια του καρδιακού παλμού, σε ορισμένες στιγμές μεταβάλλουν δυναμικό και πολικότητα μέσα σε χρονικό διάστημα μικρότερο από 0,01 sec. Ο τύπος καταγραφέα, που χρησιμοποιείται συχνότερα, είναι αυτός με γραφίδα. Το όργανο αυτό καταγράφει το ΗΚΓ με πέννα, με άμεσο τρόπο, σε λωρίδα από κινούμενο χαρτί. Η γραφίδα συνήθως συνίσταται σε λεπτό σωληνίσκο, που το ένα του άκρο συνδέεται με μελανοδοχείο, ενώ το άλλο του άκρο, που χρησιμοποιείται για την καταγραφή, συνδέεται με ισχυρό σύστημα ηλεκτρομαγνήτη, που είναι ικανό να μετακινεί τη γραφίδα πάνω-κάτω με μεγάλη ταχύτητα. Επειδή το χαρτί μετακινείται με σταθερή ταχύτητα προς τα εμπρός, η γραφίδα καταγράφει το ΗΚΓ. Με τη σειρά της, η κίνηση της γραφίδας ελέγχεται από τους κατάλληλους ενισχυτές που είναι συνδεδεμένοι με τον ασθενή, με τα κατάλληλα ηλεκτρόδια.

Σε άλλα συστήματα καταγραφής χρησιμοποιείται ειδικό χαρτί, όπου δεν απαιτείται η χρησιμοποίηση μελάνης για τη γραφίδα. Ένα είδος τέτοιου χαρτιού μαυρίζει με την έκθεση του σε θερμότητα, ενώ η ίδια η γραφίδα διατηρείται σε κατάλληλη θερμοκρασία με ηλεκτρικό ρεύμα. Σε έναν άλλο τύπο, το χαρτί μαυρίζει όταν ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από την ακίδα της γραφίδας, μέσα από το χαρτί, προς άλλο ηλεκτρόδιο, που είναι τοποθετημένο πίσω από το χαρτί. Με αυτόν τον τρόπο καταγράφεται μια μαύρη γραμμή σε κάθε σημείο του χαρτιού που έρχεται σε επαφή με την ακίδα της γραφίδας.

3.4.1 Κακή λήψη του ηλεκτροκαρδιογραφήματος

Τεχνητή δεξιοκαρδία

Η τεχνητή δεξιοκαρδία συμβαίνει, όταν απο λάθος τοποθετηθούν αντίστροφα τα ηλεκτρόδια των άνω άκρων. Το πρώτο σημείο που παρατηρούμε είναι τα αρνητικά P στην I, όπως στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 3.7 ΗΚΓ τεχνητής δεξιοκαρδίας[6]

Όταν τα καλώδια αντιστραφούν και τοποθετηθούν στη σωστή τους θέση, παίρνουμε ακριβώς το αντίθετο ΗΚΓ, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.8



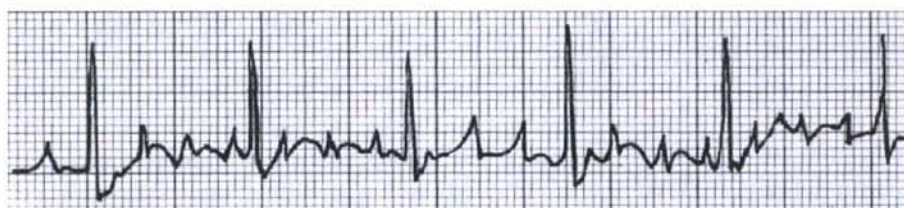
Εικόνα 3.8 Κανονικό ΗΚΓ[6]

Σύνδρομο aVF

Ονομάζουμε έτσι τη λήψη των προκάρδιων απαγωγών με το κουμπί του ηλεκτροκαρδιογράφου γυρισμένο στην ένδειξη aVF. Έτσι όλες οι προκάρδιες (V₁-V₆) μοιάζουν με την aVF.

Νόσος Parkinson

Η νόσος Parkinson δημιουργεί παράσιτα, τα όποια είναι ρυθμικά και μπορεί να θεωρηθούν ως P.



Εικόνα 3.9 Καρδιογράφημα από ασθενή με νόσο Parkinson[6]

Για να αποφευχθούν τα παράσιτα πρέπει να τοποθετηθούν τα ηλεκτρόδια των άνω άκρων στους ώμους ή τα χέρια του ασθενούς να μπουν κάτω από το σώμα του, οπότε σταματά ό τρόμος.

Άλλα μυϊκά παράσιτα

Αυτά παρουσιάζονται όταν ο ασθενής κινεί τα άκρα του ή το σώμα του ή συσπά μερικούς μύες.

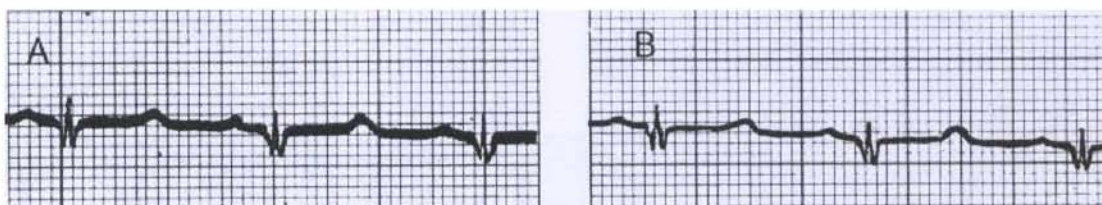


Εικόνα 3.10 Ηλεκτροκαρδιογράφημα με μυϊκά παράσιτα[6]

Τα παράσιτα αυτά παράγονται από την εκπόλωση μικρών ομάδων σκελετικών μυϊκών ινών και εξαφανίζονται όταν ο ασθενής χαλαρώσει.

Κακή επαφή των ηλεκτροδίων

Κακή επαφή των ηλεκτροδίων έχουμε όταν χρησιμοποιείται απλό νερό για την επαφή τους με το δέρμα (Α).



Εικόνα 3.11 (Α) ΗΚΓ με κακή επαφή ηλεκτροδίων. (Β) ΗΚΓ με χρήση αλοιφής.[6]

Το πρόβλημα διορθώνεται με χρήση αλοιφής (Β) ή μερικές φορές με το ξύσιμο της κερατίνης στοιβάδας του δέρματος. Μερικά λιπαρά δέρματα πρέπει να καθαρίζονται με οινόπνευμα.

4.1 Ηλεκτροκαρδιογραφικές απαγωγές

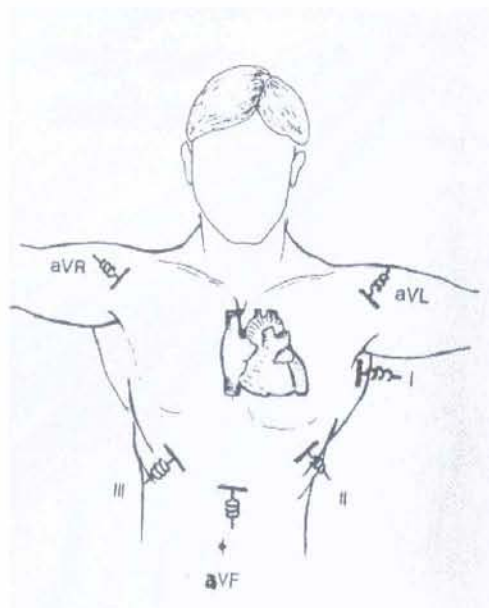
Για τη λήψη ΗΚΓ τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε συγκεκριμένες θέσεις στο ανθρώπινο σώμα κι έτσι το αν και κατά πόσο η πολικότητα της εγγραφής, θα είναι θετική ή αρνητική, κατά τη διάρκεια κάθε καρδιακού κύκλου, καθορίζεται από τον προσανατολισμό των ηλεκτροδίων σε σχέση με την κατεύθυνση του ρεύματος στην καρδιά. Οι απαγωγές, που καταγράφουν τα ηλεκτρικά δυναμικά της καρδιάς από διάφορες θέσεις είναι δώδεκα και χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

A) Κλασικές διπολικές (I, II, III)

B) Ενισχυμένες μονοπολικές των άκρων (aVR, aVL, aVF)

Γ) Προκάρδιες (V1, V2, V3, V4, V5, V6)

Οι πρώτες έξι απαγωγές, οι κλασσικές και οι ενισχυμένες μονοπολικές, «βλέπουν» τα δυναμικά που προβάλλονται στο μετωπιαίο επίπεδο από τις θέσεις που δείχνει η διπλανή εικόνα.



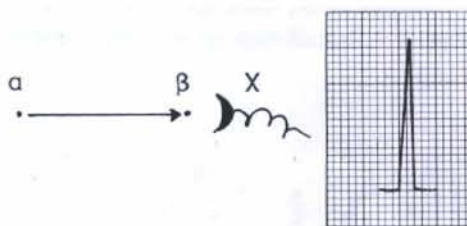
Εικόνα 4.1 Οι έξι απαγωγές του μετωπιαίου επιπέδου και από ποιά οπτική γωνία βλέπουν τη διέγερση του μυοκαρδίου.[6]

4.2 Καταγραφή των διεγέρσεων

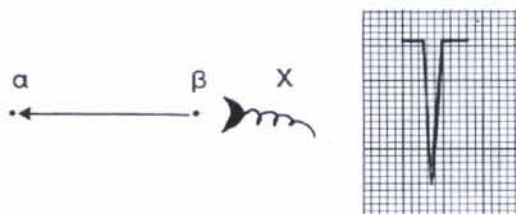
Είναι βασικό να κατανοηθεί από την αρχή τι κατευθύνσεις ακολουθεί το ρεύμα που διαχέεται μέσα στο μυοκάρδιο και πως ο ηλεκτροκαρδιογράφος καταγράφει αυτό το ρεύμα.

Σε γενικές γραμμές το ρεύμα κατευθύνεται από το δεξιό κόλπο (πάνω δεξιά) προς την αριστερή κοιλία (κάτω αριστερά). Η κάθε απαγωγή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, όταν «βλέπει» το ρεύμα να πλησιάζει προς αυτή, καταγράφει ανάλογο, όσο και το βέλος, θετικό δυναμικό. Όταν «βλέπει» το ρεύμα να απομακρύνεται από αυτή, καταγράφει ανάλογο αρνητικό δυναμικό. Όταν το ρεύμα κινείται παράλληλα προς την απαγωγή, δηλαδή ούτε πλησιάζει, ούτε απομακρύνεται, δεν καταγράφει δυναμικό (ισοηλεκτρική γραμμή).

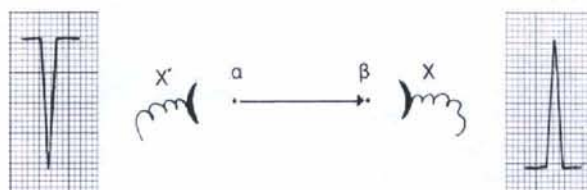
Εάν το ρεύμα κινείται από το σημείο α προς το σημείο β, η απαγωγή Χ θα καταγράψει θετικό δυναμικό ίσο προς τη διέγερση (βέλος).



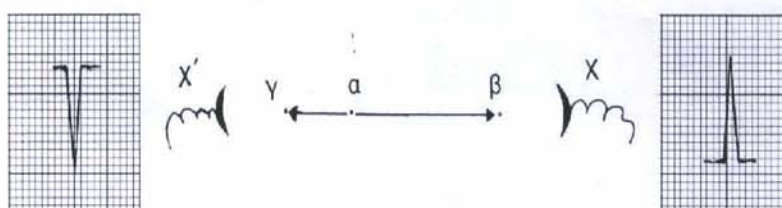
Εάν το ρεύμα κινείται από το σημείο β προς το σημείο α, η απαγωγή X θα καταγράψει αρνητικό δυναμικό ίσο προς τη διέγερση (βέλος).



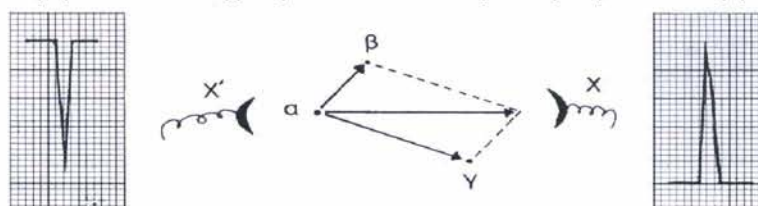
Εάν το ρεύμα κινείται από το σημείο α προς το σημείο β, και τοποθετήσουμε δύο απαγωγές (X, X'), η απαγωγή X θα καταγράψει θετικό δυναμικό γιατί το ρεύμα πλησιάζει προς αυτή, ενώ η απαγωγή X' θα καταγράψει αρνητικό δυναμικό γιατί το ρεύμα απομακρύνεται από αυτή.



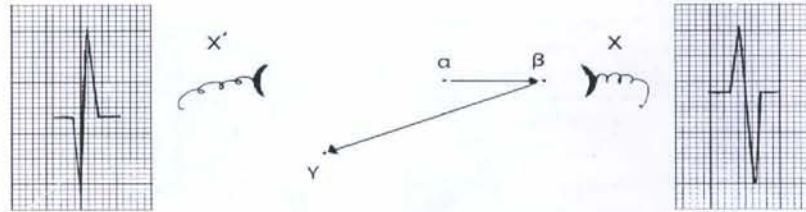
Εάν το ρεύμα ξεκινά από το σημείο α και κινείται ταυτόχρονα προς δύο κατευθύνσεις, προς τα σημεία β και γ, δημιουργούνται δύο δυναμικά αβ και αγ. Αυτά τα δυναμικά, επειδή κινούνται ταυτόχρονα, οι απαγωγές τα καταγράφουν ως αλγεβρικό άθροισμα. Δηλαδή η απαγωγή X θα καταγράψει ένα θετικό, ίσο με αβ-αγ και η απαγωγή X' ένα αρνητικό, ίσο με αγ-αβ.



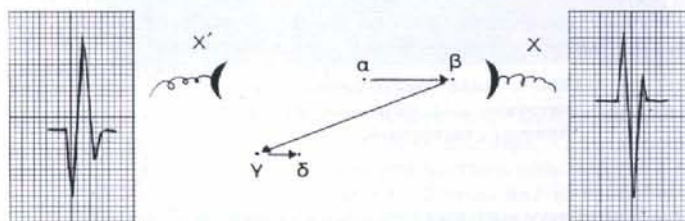
Εάν το ρεύμα ξεκινά από το σημείο α και κινείται ταυτόχρονα προς τα σημεία β και γ οι απαγωγές θα καταγράψουν τη συνισταμένη των δύο δυναμικών. Δηλαδή η X θα καταγράψει θετικό και η X' αρνητικό έπαρμα.



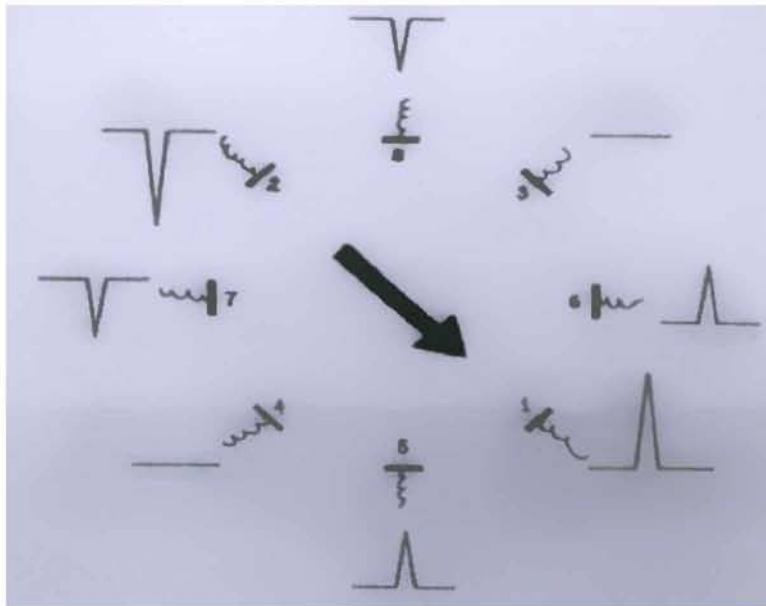
Εάν το ρεύμα κινηθεί αρχικά από το σημείο α στο σημείο β και μετά από το σημείο β στο σημείο γ τότε η απαγωγή X θα καταγράψει δύο επάρματα, ένα θετικό και ένα μεγαλύτερο αρνητικό και η απαγωγή X' θα καταγράψει, αντίθετα, ένα αρνητικό και ένα θετικό έπαρμα.



Εάν το ρεύμα κινείται εξακολουθητικά από το σημείο α στα σημεία β, γ και δ, οι απαγωγές καταγράφουν αντίστοιχα επάρματα, δηλαδή η απαγωγή X θετικό, αρνητικό, θετικό και η X' αρνητικό, θετικό, αρνητικό.



Οι απαγωγές πού «βλέπουν» την κίνηση του ρεύματος μπορεί να μην είναι μόνο δύο, αλλά περισσότερες. Τότε η κάθε μια «βλέπει» από την οπτική της γωνία. Ένα τέτοιο παράδειγμα με χρησιμοποίηση οκτώ απαγωγών μαζί, φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Η διέγερση αναπαριστάται με το βέλος που υπάρχει στην εικόνα και γύρω από αυτό υπάρχουν οκτώ απαγωγές που την καταγράφουν. Το μηχανήμα είναι έτσι ρυθμισμένο ώστε η απαγωγή 1, που «βλέπει» το ερέθισμα να πλησιάζει προς αυτή, να καταγράφει μεγάλο θετικό δυναμικό, η απαγωγή 2, που «βλέπει» το ερέθισμα να απομακρύνεται, να καταγράφει μεγάλο αρνητικό δυναμικό, οι απαγωγές 3 και 4, στις οποίες το ερέθισμα ούτε πλησιάζει ούτε απομακρύνεται, να μην καταγράφουν δυναμικό (ισοηλεκτρική γραμμή), ενώ οι ενδιάμεσες απαγωγές 5, 6, 7 και 8, πού βλέπουν λοξά τη διέγερση, να καταγράφουν μεν, θετικό ή αρνητικό, δυναμικό, αλλά ενδιάμεσου μεγέθους.[7]



Εικόνα 4.2 Απλοποιημένο μοντέλο καταγραφής μιας διεγέρσεως από οκτώ απαγωγές ταυτόχρονα[8]

4.3 ΤΡΕΙΣ ΒΑΣΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Θετική, προς τα πάνω, απόκλιση θα καταγραφεί σε μια απαγωγή αν η εκπόλωση επεκτείνεται προς το θετικό πόλο αυτής της απαγωγής. Έτσι, αν η οδός της κοιλιακής διεγέρσεως έχει κατεύθυνση προς τα κάτω και αριστερά, προς την κατεύθυνση του θετικού πόλου της απαγωγής II, στην απαγωγή II θα καταγραφεί ένα θετικό έπαρμα P. Παρομοίως, αν η κοιλιακή διέγερση κατευθύνεται προς τα αριστερά, μια θετική απόκλιση (ένα έπαρμα R) θα καταγραφεί στην απαγωγή I.

Αρνητική, προς τα κάτω, απόκλιση θα καταγραφεί στο ΗΚΓ όταν η εκπόλωση επεκτείνεται προς τον αρνητικό πόλο μιας απαγωγής (ή απομακρύνεται από το θετικό πόλο αυτής της απαγωγής). Έτσι, αν η κοιλιακή διέγερση επεκτείνεται προς τα κάτω και αριστερά, ένα αρνητικό έπαρμα P θα καταγραφεί στην απαγωγή aVR. Αν η κατεύθυνση της κοιλιακής διεγέρσεως απομακρύνεται από το θετικό πόλο μιας απαγωγής, σ' αυτή την απαγωγή θα καταγραφεί ένα αρνητικό σύμπλεγμα QRS ή απόκλιση QS.

Αν η εκπόλωση κατευθύνεται σε ορθή γωνία, κάθετα, ως προς μια απαγωγή, τότε συνήθως παρατηρείται μια μικρή διφασική απόκλιση. Η διφασική απόκλιση αποτελείται από θετική και αρνητική απόκλιση ίσου μεγέθους. Αν η κοιλιακή διέγερση επεκτείνεται σε ορθή γωνία προς μια απαγωγή, τότε σ' αυτή την απαγωγή θα παρατηρηθεί ένα διφασικό έπαρμα P. Αν η κοιλιακή διέγερση επεκτείνεται σε ορθή γωνία ως προς μια απαγωγή, τότε το σύμπλεγμα QRS θα είναι διφασικό. Το διφασικό σύμπλεγμα QRS μπορεί ν' αποτελείται είτε από διάγραμμα RS είτε από QR.

4.4 Κλασικές διπολικές απαγωγές

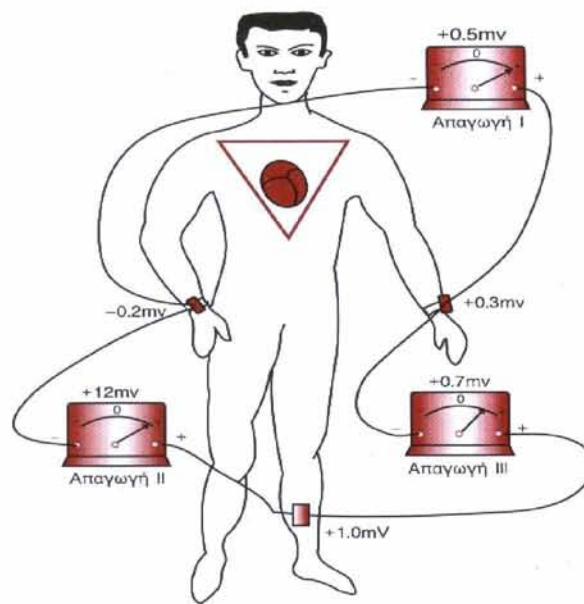
Με τον όρο «διπολικές» εννοείται ότι το ΗΚΓ καταγράφεται από δύο ειδικά ηλεκτρόδια, τοποθετημένα στο ανθρώπινο σώμα, και σ' αυτή την περίπτωση που εξετάζουμε βρίσκονται στα άκρα. Έτσι, η «απαγωγή» δεν συνίσταται από ένα απλό καλώδιο, με το οποίο συνδέεται το σώμα με το καταγραφικό όργανο, αλλά από δύο καλώδια και από τα ηλεκτρόδιά τους, έτσι ώστε να σχηματίζεται ένα πλήρες ηλεκτρικό κύκλωμα με τον ηλεκτροκαρδιογράφο.

Απαγωγή I. Για την καταγραφή της απαγωγής I των άκρων, το αρνητικό ηλεκτρόδιο του ηλεκτροκαρδιογράφου τοποθετείται στο δεξί άνω άκρο και το θετικό ηλεκτρόδιο στο αριστερό άνω άκρο. Κατά συνέπεια, όταν το σημείο στο θώρακα όπου το δεξί άνω άκρο συνδέεται με το σώμα είναι ηλεκτραρνητικό σε σχέση με το σημείο στο οποίο το αριστερό άνω άκρο συνδέεται με το θώρακα, ο ηλεκτροκαρδιογράφος καταγράφει θετικό κύμα, δηλαδή κύμα πάνω από την ισοηλεκτρική γραμμή του ΗΚΓ. Όταν συμβαίνει το αντίθετο, το καταγραφόμενο κύμα είναι αρνητικό, δηλαδή κάτω από την ισοηλεκτρική γραμμή.

Απαγωγή II. Κατά την καταγραφή της απαγωγής II των άκρων, το αρνητικό ηλεκτρόδιο του ηλεκτροκαρδιογράφου τοποθετείται στο δεξί άνω άκρο και το θετικό ηλεκτρόδιο στο αριστερό κάτω άκρο. Κατά συνέπεια, όταν το δεξί άνω άκρο είναι ηλεκτραρνητικό σε σχέση με το αριστερό κάτω άκρο, ο ηλεκτροκαρδιογράφος καταγράφει θετικό κύμα.

Απαγωγή III. Κατά την καταγραφή της απαγωγής III των άκρων, το αρνητικό ηλεκτρόδιο του ηλεκτροκαρδιογράφου τοποθετείται στο αριστερό άνω άκρο, και το θετικό ηλεκτρόδιο στο αριστερό κάτω άκρο. Αυτό σημαίνει ότι ο ηλεκτροκαρδιογράφος καταγράφει θετικό κύμα όταν το αριστερό άνω άκρο είναι ηλεκτραρνητικό σε σχέση με το αριστερό κάτω άκρο.

Στο επόμενο σχήμα απεικονίζονται οι ηλεκτρικές συνδέσεις μεταξύ των άκρων και του ηλεκτροκαρδιογράφου για την καταγραφή ΗΚΓ από τις λεγόμενες «βασικές» απαγωγές των άκρων (I, II, III). Αν και ο πραγματικός ηλεκτροκαρδιογράφος είναι το ηλεκτρονικό όργανο καταγραφής υψηλής ταχύτητας, στο σχήμα παριστάνεται ως απλό μηχανικό όργανο καταγραφής.



Εικόνα 4.3 Συμβατική τοποθέτηση των ηλεκτροδίων για την καταγραφή των βασικών ηλεκτροκαρδιογραφικών απαγωγών. Στο θώρακα είναι σχεδιασμένο το τρίγωνο του Einthoven.[4]

4.4.1 Το τρίγωνο Einthoven

Στο παραπάνω σχήμα είναι σχεδιασμένο, γύρω από την περιοχή της καρδιάς, ένα ισόπλευρο τρίγωνο, το οποίο ονομάζεται τρίγωνο του Einthoven. Αυτό είναι ένας σχεδιαγραμματικός τρόπος για ναδειχθεί ότι τα δύο άνω άκρα και το αριστερό κάτω άκρο αποτελούν τις τρεις γωνίες τριγώνου που περιβάλλει την καρδιά. Οι δύο γωνίες στο άνω άκρο του τριγώνου παριστάνουν τα σημεία στα οποία τα δύο άνω άκρα πραγματοποιούν ηλεκτρική σύνδεση με τα υγρά που περιβάλλουν την καρδιά, η δε κάτω γωνία αποτελεί το σημείο στο οποίο το αριστερό κάτω άκρο συνδέεται με αυτά τα υγρά.

4.4.2 Ο νόμος του Einthoven

Κατά το νόμο του Einthoven, αν τα ηλεκτρικά δυναμικά δύο οποιωνδήποτε από τις τρεις ηλεκτροκαρδιογραφικές απαγωγές είναι γνωστά για δεδομένη χρονική στιγμή, το δυναμικό της τρίτης απαγωγής μπορεί να υπολογιστεί μαθηματικά, από τις δύο πρώτες, με την απλή άθροιση τους. Όμως πρέπει τα θετικά και τα αρνητικά σημεία των διαφορών απαγωγών να λαμβάνονται υπόψη κατά την εκτέλεση αυτής της άθροισης.

Για παράδειγμα, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, το δεξί άνω άκρο είναι 0.2 mV αρνητικό σε σχέση με το μέσο δυναμικό του σώματος, το αριστερό άνω άκρο είναι 0.3 mV θετικό, και το αριστερό κάτω άκρο είναι 1.0 mV θετικό. Από την παρατήρηση των μετρητικών οργάνων στο σχήμα, παρατηρείται ότι στην απαγωγή I καταγράφεται θετικό δυναμικό 0.5 mV, γιατί αυτή είναι η διαφορά μεταξύ του -0.2 mV του δεξιού άνω άκρου και του +0.3 mV του αριστερού άνω άκρου. Επίσης, στην απαγωγή III καταγράφεται θετικό δυναμικό 0.7 mV ενώ στην απαγωγή II η εγγραφή είναι θετικό δυναμικό 1.2 mV γιατί

αυτές είναι οι στιγμιαίες διαφορές δυναμικού μεταξύ των αντιστοίχων ζευγών άκρων.

Σημειώνεται ότι το άθροισμα των ηλεκτρικών τάσεων στις απαγωγές I και III ισούται με την τάση στην απαγωγή II. Δηλαδή, 0,5 συν 0,7 ίσον 1,2. Μαθηματικά, αυτή η αρχή, που ονομάζεται νόμος του Einthoven, ισχύει για κάθε χρονική στιγμή, κατά τη διάρκεια της καταγραφής του ΗΚΓ

4.4.3 Φυσιολογικά ΗΚΓ που λαμβάνονται με τις κλασικές διπολικές απαγωγές

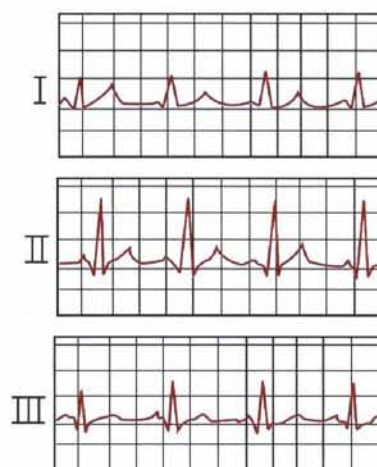
Τα ΗΚΓ που λαμβάνονται με τις τρεις διπολικές απαγωγές των άκρων μοιάζουν πολύ μεταξύ τους, γιατί και στις τρεις, τα κύματα P και T είναι θετικά, το δε μεγαλύτερο μέρος του συμπλέγματος QRS είναι επίσης θετικό σε όλες τις εγγραφές.

Με τη σχετική ανάλυση και των τριών απαγωγών, μπορεί ναδειχθεί, με προσεκτικές μετρήσεις, ότι για μια οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή, το άθροισμα των δυναμικών στις απαγωγές I και III είναι ίσο με το δυναμικό στην απαγωγή II, σύμφωνα με το νόμο του Einthoven.

Επειδή τα ΗΚΓ μοιάζουν πολύ μεταξύ τους, δεν έχει μεγάλη σημασία ποια ηλεκτροκαρδιογραφική απαγωγή χρησιμοποιείται, όταν γίνεται διάγνωση των διάφορων αρρυθμιών της καρδιάς, γιατί η διάγνωση των αρρυθμιών εξαρτάται, κατά κύριο λόγο, από τις χρονικές αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ των διαφόρων κυμάτων του καρδιακού παλμού.

Από την άλλη μεριά, όταν απαιτείται η διάγνωση βλάβης στο μυοκάρδιο των κοιλιών ή των κόλπων, είτε στο σύστημα αγωγής των διεγέρσεων, ενδιαφέρει πάρα πολύ η απαγωγή που χρησιμοποιείται, γιατί οι ανωμαλίες που εμφανίζονται στο μυοκάρδιο μεταβάλλουν τη μορφή του ΗΚΓ κατά τρόπο σημαντικό σε ορισμένες απαγωγές, χωρίς να επηρεάζονται άλλες απαγωγές.

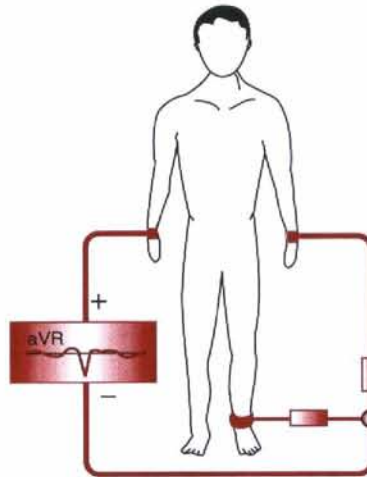
Παρακάτω εμφανίζονται τρία ΗΚΓ, τα οποία λαμβάνονται συγχρόνως, με τις απαγωγές I, II, III.



Εικόνα 4.4 Φυσιολογικά ΗΚΓ που καταγράφηκαν από τις τρεις βασικές ηλεκτροκαρδιογραφικές απαγωγές των άκρων.[4]

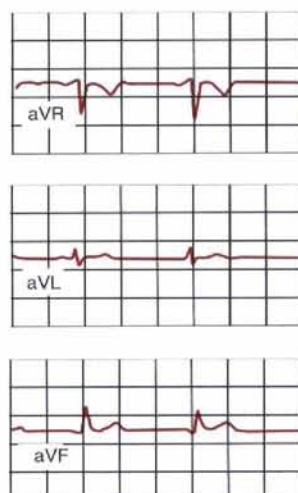
4.5 Οι ενισχυμένες μονοπολικές απαγωγές άκρων

Ένα άλλο σύστημα απαγωγών σε ευρεία χρήση είναι η «ενισχυμένη μονοπολική απαγωγή άκρου». Στην απαγωγή αυτού του τύπου, δύο άκρα συνδέονται, με την παρεμβολή ηλεκτρικών αντιστάσεων, με τον αρνητικό πόλο του ηλεκτροκαρδιογράφου, ενώ το τρίτο άκρο συνδέεται με το θετικό πόλο. Όταν το θετικό ηλεκτρόδιο συνδέεται με δεξί άνω άκρο, η απαγωγή ονομάζεται aVR, όταν συνδέεται με το αριστερό άνω άκρο, ονομάζεται απαγωγή aVL και όταν συνδέεται με το αριστερό κάτω άκρο, ονομάζεται απαγωγή aVF

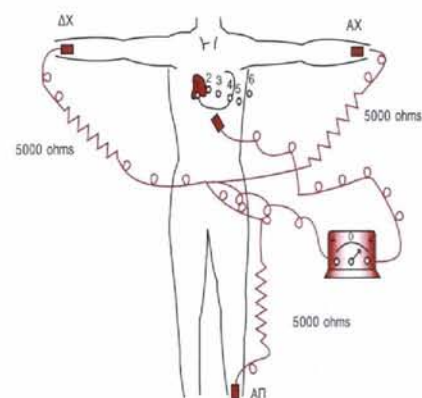


Εικόνα 4.5 Τοποθέτηση των ηλεκτροδίων για την καταγραφή των ενισχυμένων μονοπολικών απαγωγών των άκρων[4]

Τα φυσιολογικά ΗΚΓ που λαμβάνονται με τις ενισχυμένες μονοπολικές απαγωγές των άκρων, απεικονίζονται παρακάτω. Όλα είναι όμοια με εκείνα των κλασσικών διπολικών απαγωγών των άκρων, εκτός από την απαγωγή aVR, στην οποία το ΗΚΓ είναι ανεστραμμένο.



Εικόνα 4.6 Φυσιολογικά ΗΚΓ των τριών ενισχυμένων μονοπολικών απαγωγών των άκρων[4]

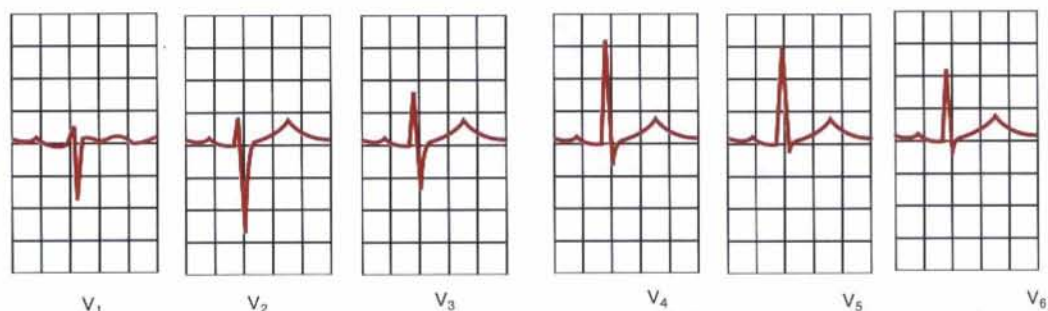


Εικόνα 4.7 Οι συνδέσεις του ηλεκτροκαρδιογράφου με το σώμα για την καταγραφή προκάρδιων απαγωγών[4]

4.6 Οι προκάρδιες (θωρακικές) απαγωγές

Πολλές φορές, λαμβάνονται ΗΚΓ με το ένα ηλεκτρόδιο τοποθετημένο στην πρόσθια επιφάνεια του θώρακα, πάνω από την καρδιά, σε ένα από τα έξι ξεχωριστά σημεία, τα οποία φαίνονται στη διπλανή εικόνα. Αυτό το ηλεκτρόδιο συνδέεται με το θετικό πόλο του ηλεκτροκαρδιογράφου, ενώ το αρνητικό ηλεκτρόδιο, που ονομάζεται αδιάφορο ηλεκτρόδιο, συνδέεται συνήθως, με την παρεμβολή ηλεκτρικών αντιστάσεων, με το δεξί και αριστερό άνω άκρο, καθώς και με το αριστερό κάτω άκρο, όπως απεικονίζεται στο σχήμα. Συνήθως λαμβάνονται έξι διαφορετικές πρότυπες απαγωγές από το πρόσθιο θωρακικό τοίχωμα, με τη διαδοχική τοποθέτηση του θωρακικού ηλεκτροδίου στα έξι σημεία που σημειώνονται στο διάγραμμα. Τα ΗΚΓ που λαμβάνονται με τη μέθοδο που απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα φέρονται ως απαγωγές V₁, V₂, V₃, V₄, V₅ και V₆.

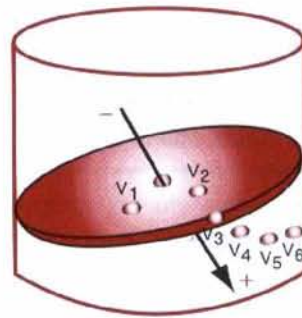
Επειδή οι διάφορες επιφάνειες της καρδιάς είναι πολύ κοντά στο θωρακικό τοίχωμα, κάθε μία θωρακική απαγωγή καταγράφει, κατά κύριο λόγο, το ηλεκτρικό δυναμικό του τμήματος του μυοκαρδίου, που βρίσκεται αμέσως κάτω από το ηλεκτρόδιο. Γι' αυτό το λόγο, σχετικά μικρές ανωμαλίες στις κοιλίες, και ιδιαίτερα στο πρόσθιο κοιλιακό τοίχωμα, συχνά προκαλούν έκδηλες αλλοιώσεις στα ΗΚΓ που λαμβάνονται με τις προκάρδιες απαγωγές. Στο επόμενο σχήμα δίνονται τα ΗΚΓ φυσιολογικής καρδιάς, όπως καταγράφονται από τις έξι αυτές τυπικές προκάρδιες απαγωγές.



Εικόνα 4.8 Φυσιολογικά ΗΚΓ των έξι τυπικών προκάρδιων απαγωγών[4]

Στις απαγωγές V₁ και V₂, το σύμπλεγμα QRS της φυσιολογικής καρδιάς είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος του αρνητικό, γιατί στις απαγωγές αυτές το θωρακικό ηλεκτρόδιο είναι πλησιέστερα στη βάση μάλλον, παρά στην κορυφή της καρδιάς, προς την οποία βάση είναι η κατεύθυνση της ηλεκτραρνητικότητας κατά τη διάρκεια του μεγαλύτερου μέρους της διεργασίας της εκπόλωσης των κοιλιών. Αντίθετα, το σύστημα QRS στις απαγωγές V₄, V₅ και V₆ είναι, κατά το μεγαλύτερο μέρος του θετικό, γιατί το θωρακικό ηλεκτρόδιο σ' αυτές τις απαγωγές είναι πλησιέστερα προς την κορυφή της καρδιάς, προς την

κατεύθυνση της οποίας παρατηρείται ηλεκτροθετικότητα κατά το μεγαλύτερο μέρος της διάρκειας της διεργασίας εκπόλωσης των κοιλιών.



Εικόνα 4.9 Απλουστευμένη αναπαράσταση του μέσου συμπλέγματος QRS και διαίρεση του θώρακα σε θετικό και αρνητικό τμήμα με βάση αυτό το διάνυσμα[4]

4.6.1 Τοποθέτηση ηλεκτροδίων στις προκάρδιες απαγωγές

Οι θωρακικές απαγωγές καταγράφουν τα ηλεκτρικά ρεύματα της καρδιάς διά μέσου ενός ηλεκτροδίου που τοποθετείται σε διάφορες θέσεις πάνω στο θωρακικό τοίχωμα και «βλέπουν» τα δυναμικά που προβάλλονται στο οριζόντιο επίπεδο. Οι θωρακικές απαγωγές, που χρησιμοποιούνται σήμερα, είναι μονοπολικές απαγωγές διότι μετρούν το δυναμικό σ' οποιοδήποτε σημείο, σε σχέση με το μηδέν. Οι απαγωγές αυτές (V_1 έως V_6) καταγράφονται με την τοποθέτηση ενός ηλεκτροδίου, συνήθως ενωμένου με βεντούζα για να μένει στη θέση του πάνω στο θώρακα, σε έξι καθορισμένες θέσεις. Για ευκολία, οι έξι απαγωγές τοποθετούνται ως εξής:

Η V_1 καταγράφεται με το ηλεκτρόδιο στο τέταρτο μεσοπλεύριο διάστημα αμέσως δεξιά από το στήρνο.

Η V_2 καταγράφεται με το ηλεκτρόδιο στο τέταρτο μεσοπλεύριο διάστημα αμέσως αριστερά από το στήρνο.

Η V_3 καταγράφεται στο μέσο της γραμμής που ενώνει τις V_2 και V_4 .

Η V_4 καταγράφεται στη μεσοκλειδική γραμμή στο πέμπτο μεσοπλεύριο.

Η V_5 καταγράφεται στην πρόσθια μασχαλιαία γραμμή στο ίδιο ύψος με τη V_4 .

Η V_6 καταγράφεται στη μέση μασχαλιαία γραμμή και στο ίδιο ύψος με τη V_4 .

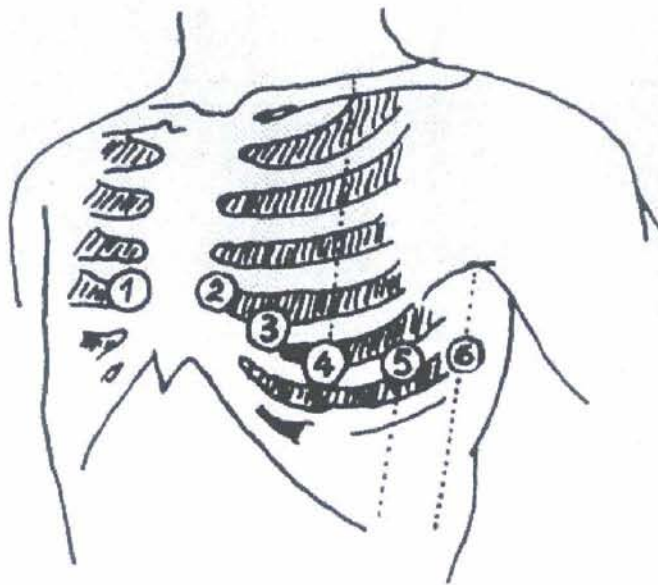
4.6.2 Πως εντοπίζεται το τέταρτο μεσοπλεύριο διάστημα

Αρχίζουμε τοποθετώντας το δάχτυλο στην κορυφή του στήρνου και μετακινώντας το αργά προς τα κάτω. Ύστερα από 4 cm περίπου βρίσκουμε ένα μικρό οριζόντιο έπαρμα, που ονομάζεται Λουδοβίκειος γωνία και είναι η θέση όπου η λαβή του στήρνου ενώνεται με το σώμα του. Αμέσως κάτω και αριστερά από το σημείο αυτό βρίσκεται το δεύτερο μεσοπλεύριο διάστημα, και δύο διαστήματα παρακάτω είναι το τέταρτο μεσοπλεύριο, όπου παίρνεται η απαγωγή V_1 .

Στις γυναίκες ή κατάσταση περιπλέκεται λόγω της παρουσίας των μαστών, που μπορεί να προκαλέσουν λανθασμένη τοποθέτηση των προ-

κάρδιων απαγωγών. Κατά τη λήψη ΗΚΓ σε γυναίκες, πρέπει να θυμάται κανείς ότι, για την καταγραφή των V₄ έως V₆, το ηλεκτρόδιο τοποθετείται κάτω από το μαστό. Αν, όπως πολύ συχνά συμβαίνει, το ηλεκτρόδιο τοποθετηθεί πάνω στο μαστό, το ηλεκτρικό δυναμικό που θα καταγραφεί προέρχεται από μεσοπλευρία που βρίσκονται πιο πάνω από το 4ο.

Επίσης, για την εντόπιση των θέσεων του ηλεκτροδίου για τη λήψη περι-κάρδιων απαγωγών, δεν πρέπει ποτέ να χρησιμοποιούνται σαν οδηγία σημεία οι θηλές, ακόμα και σε άνδρες, επειδή η θέση τους παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία.



Εικόνα 4.10 Οι θέσεις των προκάρδιων απαγωγών στο θώρακα[6]



Εικόνα 4.11 Σήματα από όλες τις απαγωγές για ένα φυσιολογικό άτομο[4]

4.7 ΤΟ ΗΚΓ ΤΩΝ 12 ΑΠΑΓΩΓΩΝ

Η αιτία, για τη χρήση ακριβώς 12 απαγωγών και όχι λιγότερων ή περισσότερων είναι εν μέρει ιστορική και σχετίζεται με τον τρόπο που εξελίχθηκε με τα χρόνια το ΗΚΓ από τον καιρό των τριών αρχικών διπολικών απαγωγών των άκρων του Einthoven.

Η δωδεκάδα δεν έχει να κάνει με καμιά πρόληψη. Στην πραγματικότητα, μάλιστα, σε μερικές περιπτώσεις παίρνονται κι άλλες απαγωγές με τοποθέτηση του ηλεκτροδίου σε άλλες θέσεις του θωρακικού τοιχώματος. Υπάρχουν, πάντως, αρκετοί λόγοι που επιβάλλουν τη λήψη πολλαπλών απαγωγών. Η καρδιά, είναι τρισδιάστατη και τα ηλεκτρικά της ρεύματα διασπείρονται προς όλες τις κατευθύνσεις στο σώμα. Οι ΗΚΓ απαγωγές είναι σαν φωτογραφίες, με τις οποίες μπορούμε να δούμε την ηλεκτρική δραστηριότητα της καρδιάς από διάφορες θέσεις. Από όσο περισσότερα σημεία καταγράφουμε, τόσο ακριβέστερη θα είναι η αναπαράσταση της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς.

Η σημασία των πολλαπλών απαγωγών φαίνεται στη διάγνωση του εμφράγματος του μυοκαρδίου. Ένα μυοκαρδιακό έμφραγμα τυπικά προσβάλλει μια εντοπισμένη περιοχή είτε του πρόσθιου είτε του κατώτερου τοιχώματος της αριστεράς κοιλίας. Οι ΗΚΓ αλλοιώσεις τις οποίες προκαλούν τα πρόσθια εμφράγματα, συνήθως, καταγράφονται καλύτερα στις προκάρδιες απαγωγές, που βρίσκονται κοντά και βλέπουν προς την πρόσθια επιφάνεια της καρδιάς, ενώ οι αλλοιώσεις, που παρατηρούνται στα κατώτερα εμφράγματα, συνήθως παρουσιάζονται μόνο στις απαγωγές II, III και aVF, οι οποίες βλέπουν προς την κάτω επιφάνεια της καρδιάς, που έχει τη βλάβη.

Συνεπώς, οι 12 απαγωγές δίνουν μια τρισδιάστατη εικόνα της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς. Συγκεκριμένα, οι έξι απαγωγές των άκρων καταγράφουν ηλεκτρικά δυναμικά που μεταβιβάζονται στο μετωπιαίο επίπεδο του σώματος, ενώ οι έξι προκάρδιες καταγράφουν δυναμικά που μεταβιβάζονται στο οριζόντιο επίπεδο του σώματος. Τα καρδιακά δυναμικά, που κατευθύνονται προς τα πάνω ή κάτω ή δεξιά ή αριστερά θα καταγραφούν στις μετωπιαίες απαγωγές.

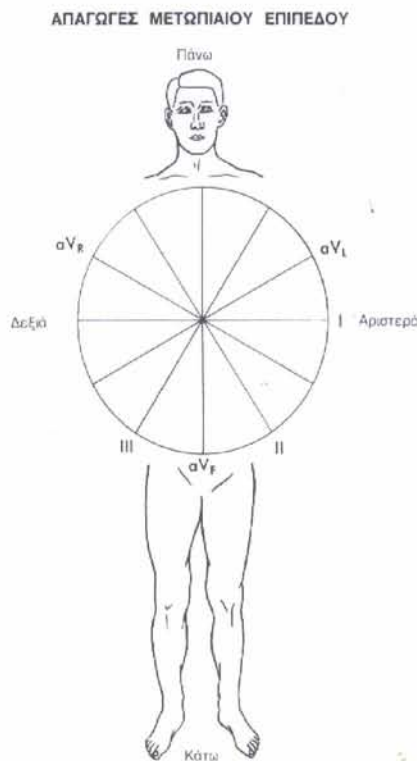
Οι προκάρδιες απαγωγές (V_1 έως V_6) καταγράφουν δυναμικά της καρδιάς από άλλη κατεύθυνση, στο οριζόντιο δηλαδή επίπεδο του σώματος. Το οριζόντιο επίπεδο κόβει το σώμα σε δύο μισά, πάνω και κάτω. Συνεπώς, οι προκάρδιες απαγωγές θα καταγράφουν καρδιακά δυναμικά που έχουν κατεύθυνση προς τα εμπρός, πίσω, δεξιά ή αριστερά.

Συνεπώς και οι 12 αυτές απαγωγές μαζί, μάς δίνουν μία τρισδιάστατη εικόνα της κολπικής και κοιλιακής εκπόλωσης και επαναπόλωσης.

Τελικά μπορούμε να ξεχωρίσουμε στον επόμενο πίνακα ποιές απαγωγές «βλέπουν» τα διάφορα τμήματα του μυοκαρδίου.

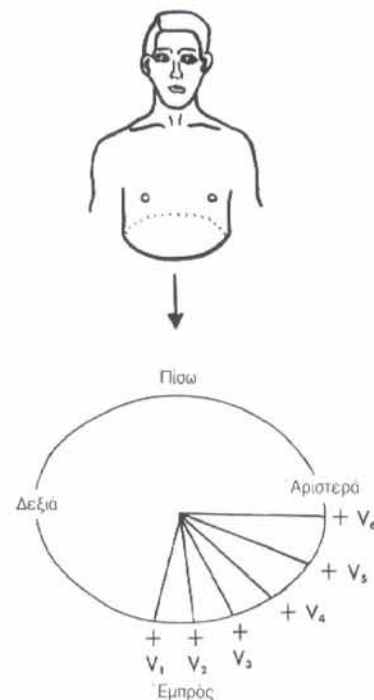
Τμήματα του μυοκαρδίου	Απαγωγές που τα βλέπουν
Αριστερή κοιλία	I, Avl, V ₅ , V ₆ (λιγότερο η II και V ₄)
Δεξιά κοιλία	V ₁ , V ₂ (λιγότερο η III)
Μεσοκοιλιακό διάφραγμα	V ₃ , V ₄
Κάτω τοίχωμα	II, III, aVF
Ενδοκοιλιακά	aVR
Οπίσθιο τοίχωμα	Καμία από τις 12 συνήθεις(κατάλληλη η οισοφαγική ή οι V ₇ , V ₈)

Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται όλες οι απαγωγές μαζί, μετωπιαίου και οριζόντιου επιπέδου, για καλύτερη κατανόηση της τοπογραφικής κατανομής.



Εικόνα 4.12 Διάγραμμα με τις σχέσεις στο χώρο των έξι απαγωγών των άκρων (μετωπιαίου επιπέδου)[7]

ΑΠΑΓΩΓΕΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ



Εικόνα 4.13 Διάγραμμα με τις σχέσεις στο χώρο των έξι προκάρδιων απαγωγών (οριζόντιο επίπεδο)[7]

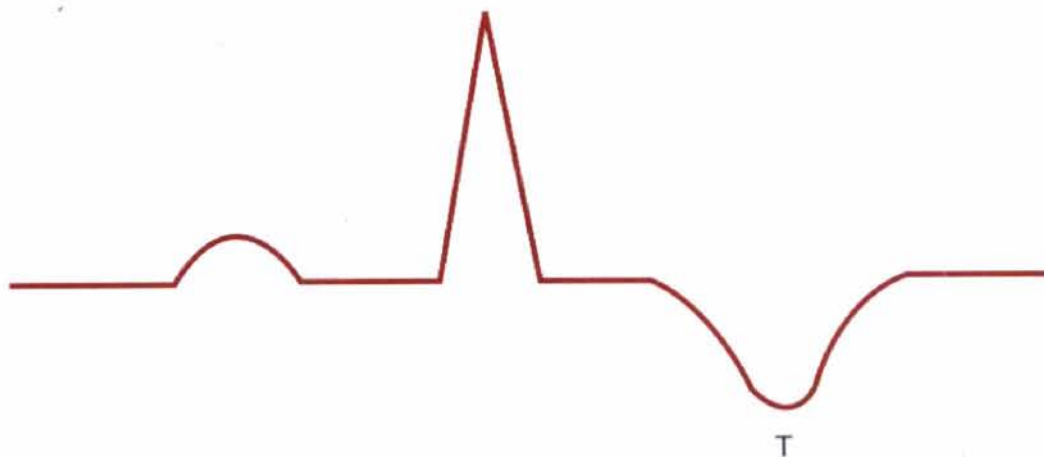
Κεφάλαιο 5

ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΑΝΩΜΑΛΙΩΝ ΤΟΥ ΜΥΟΚΑΡΔΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΩΝ ΑΓΓΕΙΩΝ

5.1 ΟΙ ΚΑΡΔΙΑΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΙ Η ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΑΚΗ ΤΟΥΣ ΕΡΜΗΝΕΙΑ

5.1.1 Ισχαιμία

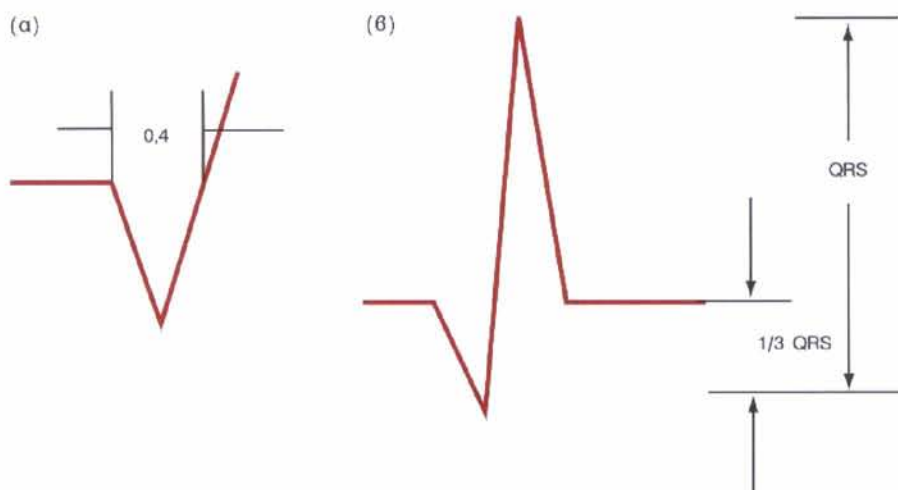
Η ισχαιμία του μυοκαρδίου συμβαίνει όταν έχουμε στένωση της μιας μεγάλης στεφανιαίας αρτηρίας. Αυτό προκαλεί ελάττωση στη ροή του αίματος και κατ'επέκταση υπολειτουργία του μυοκαρδίου. Η ισχαιμία συνήθως εκδηλώνεται με μεταβολές του ST ή του T. Συγκεκριμένα, το κύμα T είναι αρνητικό και συμμετρικό στις απαγωγές όπου φυσιολογικά είναι θετικό. Στην εικόνα φαίνεται η καμπύλη που εμφανίζεται στον ηλεκτροκαρδιογράφο όταν εξετάζεται καρδιά που παρουσιάζει ισχαιμία.



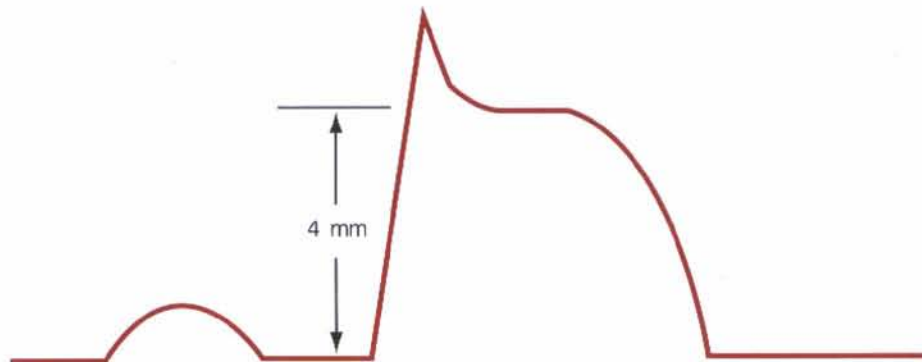
Εικόνα 5.1 Καρδιά που παρουσιάζει ισχαιμία. Το κύμα T είναι αρνητικό.[4]

5.1.2 Έμφραγμα μυοκαρδίου

Το έμφραγμα παρατηρείται όταν μια στεφανιαία αρτηρία φράζει πλήρως. Τότε, μια περιοχή της καρδιάς δεν αιματοδοτείται καθόλου. Όταν ο ασθενής βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας ίσως να μην καταλάβει τη βλάβη αυτή, ενώ σε κατάσταση κόπωσης, όπου οι ανάγκες σε αιμάτωση, οξυγόνωση, είναι αρκετά μεγαλύτερες, η αγγείωση δεν επαρκεί και έτσι βρίσκεται σε μια επι-κίνδυνη κατάσταση. Η αποφραγμένη περιοχή σχηματίζει κατά τη λειτουργία της καρδιάς ένα ηλεκτρικό κενό τη στιγμή που η υπόλοιπη καρδιά λειτουργεί κανονικά. Στο ΗΚΓ, το έμφραγμα φαίνεται είτε με την ύπαρξη σημαντικού κύματος Q είτε με ανύψωση του ST. Σημαντικό κύμα Q είναι αυτό που έχει εύρος 0,04 sec (εικόνα 2(α)) ή έχει ύψος ίσο με το 1/3 του QRS (εικόνα 2(β)). Τέλος η ανύψωση του ST που δείχνει έμφραγμα είναι περίπου 4mm όπως φαίνεται στην εικόνα 3.



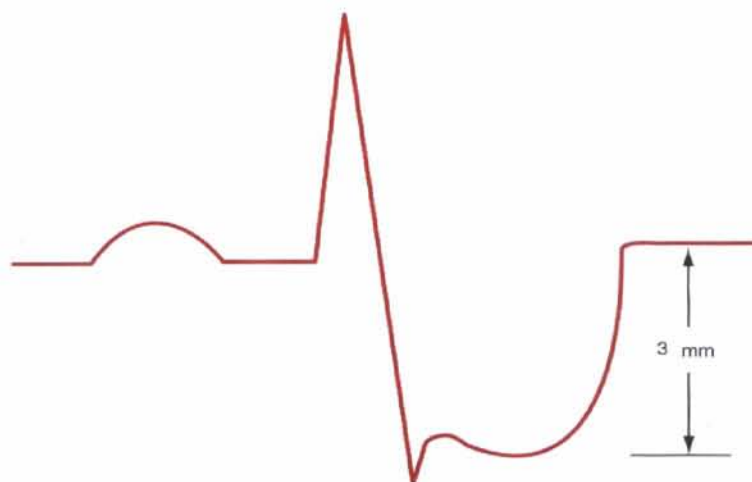
Εικόνα 5.2 Εμφάνιση εμφράγματος: (α) σημαντικό κύμα Q που έχει εύρος 0,04sec, (β) σημαντικό κύμα Q με ύψος ίσο με το 1/3 του QRS.[4]



Εικόνα 5.3 Ανύψωση του ST ως ένδειξη εμφράγματος[4]

5.1.3 Στηθαγχική κρίση

Η στηθαγχική κρίση είναι μια ασθένεια που οφείλεται σε παροδική ισχαιμία του μυοκαρδίου από μια διαταραχή του ισοζυγίου "προσφορά και ζήτηση" του μυοκαρδίου σε οξυγόνο. Η διαταραχή αυτή συμβαίνει είτε όταν αυξάνονται οι απαιτήσεις του μυοκαρδίου σε οξυγόνο, όπως για παράδειγμα σε σωματική προσπάθεια ή συγκίνηση, είτε όταν υπό κανονική λειτουργία της καρδιάς προκληθεί ελάττωση της ροής αίματος στις στεφανιαίες αρτηρίες, όπως σε σπασμό των στεφανιαίων αρτηριών. Στην πρώτη περίπτωση, η στηθάγχη λέγεται σταθερή ενώ στη δεύτερη περίπτωση ασταθής. Όταν ο ασθενής δεν βρίσκεται σε στηθαγχική κρίση και εξετασθεί ιατρικά, τότε στο ΗΚΓ δεν παρατηρείται τίποτα το ανησυχητικό, γιατί η καρδιά λειτουργεί κανονικά. Όταν όμως εξετασθεί κατά τη διάρκεια στηθαγχικής κρίσης έχουμε σημαντική κατάπτωση του ST γύρω στα 3 mm κάτω από την ισοηλεκτρική γραμμή που είναι κατιούσα και μεγάλης διάρκειας και η εμφανίζεται στις απαγωγές V2-V6.



Εικόνα 5.412 Σημαντική κατάπτωση του ST κατά τη διάρκεια στηθαγχικής κρίσης[4]

5.2 ΟΙ ΚΑΡΔΙΑΚΕΣ ΑΡΡΥΘΜΙΕΣ ΚΑΙ Η ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΑΚΗ ΤΟΥΣ ΕΡΜΗΝΕΙΑ

Ορισμένες από τις περισσότερες βασανιστικές δυσλειτουργίες της καρδιάς δεν οφείλονται σε παθολογικές βλάβες του μυοκαρδίου αλλά σε παθολογικούς ρυθμούς της καρδιακής λειτουργίας.

Σε ορισμένες περιπτώσεις η συχνότητα της καρδιακής λειτουργίας είναι είτε μεγαλύτερη είτε μικρότερη από όσο απαιτείται για την άντληση του απαιτούμενου ποσού αίματος. Σε άλλες περιπτώσεις, το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των διαδοχικών συστολών της καρδιάς είναι τόσο βραχύ, ώστε να μην επαρκεί για την πλήρωση των κοιλιών, ενώ σε άλλες περιπτώσεις οι συστολές των κόλπων εμφανίζουν πλήρη ασυγχρονισμό ως προς τις συστολές των κοιλιών, με αποτέλεσμα οι κόλποι να μην λειτουργούν πλέον ως εναυσματικές αντλίες για τις κοιλίες.

Τα αίτια των διαφόρων αρρυθμιών της καρδιάς είναι συνήθως μία ή και συνδυασμός από τις ακόλουθες ανωμαλίες του συστήματος παραγωγής και αγωγής διεγέρσεων της καρδιάς:

1. Παθολογικός ρυθμός του βηματοδότη.
2. Μετατόπιση του βηματοδότη από το φλεβόκομβο σε άλλα σημεία της καρδιάς.
3. Αποκλεισμός, σε διάφορα σημεία, της μετάδοσης της διέγερσης μέσα από την καρδιά.
4. Παθολογικές οδοί της μετάδοσης της διέγερσης μέσα από την καρδιά.
5. Αυτόματη παραγωγή διεγέρσεων, σχεδόν από οποιοδήποτε σημείο της καρδιάς.

5.2.1 Παθολογικοί ρυθμοί του φλεβόκομβου**Η ταχυκαρδία**

Με τον όρο «ταχυκαρδία» εννοείται ο ταχύς ρυθμός της καρδιάς, που κατά τον συνήθη ορισμό, πρέπει να είναι συχνότερος από 100 συστολές ανά λεπτό. Ένα ΗΚΓ που έχει ληφθεί από ασθενή με ταχυκαρδία απεικονίζεται στην επόμενη εικόνα. Το ΗΚΓ αυτό είναι φυσιολογικό, εκτός από το γεγονός ότι η συχνότητα των συστολών της καρδιάς, όπως καθορίζεται από τα χρονικά διαστήματα που μεσολαβούν μεταξύ διαδοχικών συμπλεγμάτων QRS είναι περίπου 130 συστολές ανά λεπτό αντί του φυσιολογικού των 72 συστολών ανά λεπτό.

Τα τρία γενικά αίτια της ταχυκαρδίας είναι η αυξημένη θερμοκρασία του σώματος, η διέγερση της καρδιάς με τα συμπαθητικά νεύρα και τονικές καταστάσεις της καρδιάς.

Η συχνότητα της καρδιακής λειτουργίας αυξάνεται περίπου 18 συστολές ανά λεπτό για κάθε αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος κατά ένα βαθμό

Κελσίου μέχρι τη θερμοκρασία των 40,5 βαθμών. Πέρα από αυτή τη θερμοκρασία, η συχνότητα της καρδιακής λειτουργίας είναι δυνατό και να ελαττώνεται, εξαιτίας της προοδευτικής εξασθένησης του μυοκαρδίου, που προκαλείται από τον πυρετό. Ο πυρετός προκαλεί ταχυκαρδία γιατί η αυξημένη θερμοκρασία επιταχύνει το μεταβολισμό του φλεβόκομβου, ο οποίος με τη σειρά του προκαλεί άμεση αύξηση της διεγερσιμότητας και της συχνότητας της διέγερσης του.

Η διέγερση της καρδιάς με το συμπαθητικό νευρικό σύστημα μπορεί να προβληθεί από διάφορους παράγοντες. Για παράδειγμα, όταν ο ασθενής έχει απώλεια αίματος, και περιπέσει σε κατάσταση καταπληξίας ή ημικαταπληξίας, με αντανακλαστική διέγερση της καρδιάς προκαλείται αύξηση της συχνότητας της έως και 150 ή και 180 συστολές ανά λεπτό. Επίσης, η απλή εξασθένηση του μυοκαρδίου, συνήθως προκαλεί αύξηση της συχνότητας, γιατί η εξασθενημένη καρδιά δεν αντλεί επαρκή ποσότητα αίμα προς τις αρτηρίες, με συνέπεια την έκλυση αντανακλαστικών, με τα οποία και προκαλείται αύξηση της συχνότητας της λειτουργίας της καρδιάς.



Εικόνα 5.513 Φλεβοκομβική ταχυκαρδία[4]

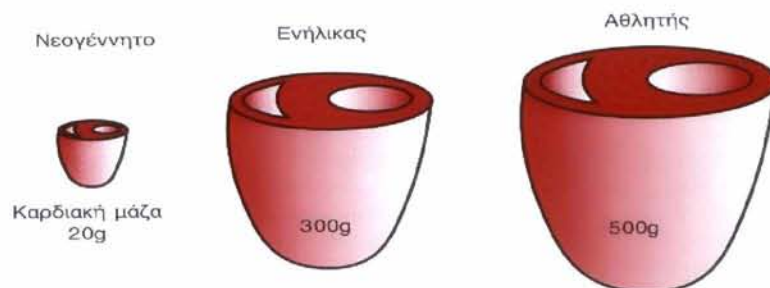
Βραδυκαρδία

Με τον όρο «βραδυκαρδία» εννοείται ελαττωμένη συχνότητα καρδιακής λειτουργίας, που κατά τον συνήθη ορισμό, πρέπει να είναι μικρότερη από 60 συστολές ανά min. Στο ΗΚΓ της παρακάτω εικόνας απεικονίζεται χαρακτηριστική περίπτωση βραδυκαρδίας.



Εικόνα 5.614 Φλεβοκομβική βραδυκαρδία[4]

Η βραδυκαρδία των αθλητών: η καρδιά των αθλητών είναι σημαντικά ισχυρότερη σε σύγκριση με την καρδιά ενός συνήθους ατόμου, γεγονός που επιτρέπει στην «αθλητική καρδιά» να εκτοξεύει μεγαλύτερο όγκο παλμού (εκτοξευόμενο ποσό αίματος ανά συστολή). Τα μεγάλα ποσά αίματος που εκτοξεύονται προς τις αρτηρίες με την κάθε καρδιακή συστολή προφανώς προκαλούν βραδυκαρδία με διάφορα κυκλοφοριακά αντανακλαστικά είτε και με άλλου είδους επιδράσεις.



Εικόνα 5.7 Ανάπτυξη φυσιολογικής καρδιάς ενός νεογέννητου, ενός ενήλικα και ενός αθλητή[4]

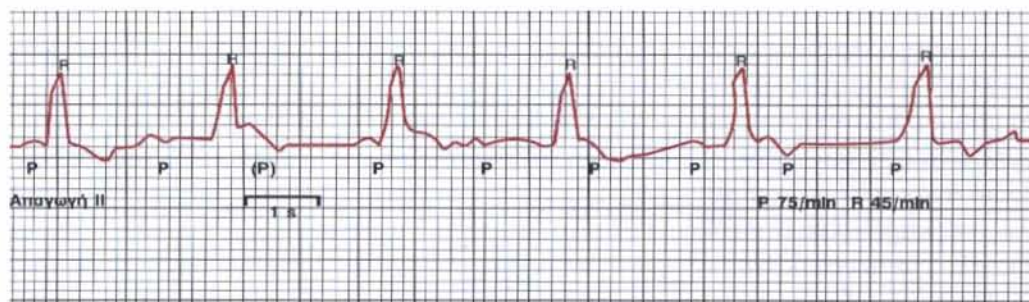
5.2.2 Κολποκοιλιακός αποκλεισμός

Ο μόνος τρόπος, με τον οποίο οι διεγέρσεις μπορούν να περάσουν φυσιολογικά από τους κόλπους στις κοιλίες είναι μέσα από τον κολποκοιλιακό κόμβο. Διάφορες όμως καταστάσεις μπορούν να ελαττώσουν τη συχνότητα ή και να αποκλείσουν τελείως την αγωγή της διέγερσης μέσα από τον κόμβο αυτό.

Πλήρης κολποκοιλιακός αποκλεισμός

Όταν η κατάσταση που προκαλεί ελαττωματική αγωγή στον κολποκοιλιακό κόμβο επιδεινωθεί πολύ, παρατηρείται πλήρης αποκλεισμός της μεταβίβασης της διέγερσης από τους κόλπους στις κοιλίες.

Το φαινόμενο αυτό απεικονίζεται στην εικόνα στην οποία φαίνεται ο διαχωρισμός των κυμάτων P από τα συμπλέγματα QRS. Στο ΗΚΓ της εικόνας, η συχνότητα του κολπικού ρυθμού είναι περίπου 75 συστολές ανά λεπτό, ενώ οι κοιλιακές συστολές είναι περίπου 45 ανά λεπτό. Εκτός από αυτό, δεν υπάρχει καμία σχέση ανάμεσα στον κολπικό και τον κοιλιακό ρυθμό, γιατί οι κοιλίες έχουν διαφύγει από τον έλεγχο των κόλπων και συστέλλονται με τον δικό τους φυσιολογικό ρυθμό.



Εικόνα 5.8 Πλήρης κολποκοιλιακός αποκλεισμός[4]

5.2.3 Η μαρμαρυγή των κοιλιών

Η βαρύτερη από όλες τις καρδιακές αρρυθμίες είναι η μαρμαρυγή των κοιλιών, η οποία εάν δεν αντιμετωπιστεί αμέσως, είναι σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις θανατηφόρα.

Η μαρμαρυγή των κοιλιών οφείλεται σε διεγέρσεις της καρδιάς, οι οποίες φέρονται «τρελά» προς διάφορες κατευθύνσεις, μέσα στη μάζα του μυοκαρδίου, και διεγείρουν πρώτα το ένα τμήμα του μυοκαρδίου, μετά το άλλο, και τελικά φτάνουν στο σημείο της αφετηρίας τους, για να επαναλάβουν την ίδια διαδρομή χωρίς τέλος. Όταν συμβαίνει αυτό, πολλά τμήματα του μυοκαρδίου των κοιλιών συστέλλονται συγχρόνως, ενώ άλλα τμήματα βρίσκονται την ίδια στιγμή σε χάλαση. Έτσι, ποτέ δεν υπάρχει πλήρως συντονισμένη συστολή ολόκληρου του μυοκαρδίου των κοιλιών, πράγμα που απαιτείται για την αντλητική λειτουργία της καρδιάς. Γι' αυτό το λόγο, παρά τη μαζική ροή διεγέρσεων μέσα σε ολόκληρο το μυοκάρδιο των κοιλιών, οι κοιλότητες των κοιλιών ούτε διευρύνονται ούτε και στενούνται, αλλά παραμένουν σε μια μέση κατάσταση μερικής συστολής, με αποτέλεσμα να μην αντλούν καθόλου αίμα, είτε να αντλούν αμελητέα ποσότητα αίματος. Κατά συνέπεια, μετά την έναρξη της μαρμαρυγής, προκαλείται μέσα σε 4 έως 5 δευτερόλεπτα, απώλεια της συνείδησης του ατόμου, εξαιτίας της αναστολής της αιμάτωσης του εγκεφάλου, καθώς και μη ανατάξιμη νέκρωση ιστών σε διάφορα μέρη του σώματος μέσα σε λίγα μόνο λεπτά.

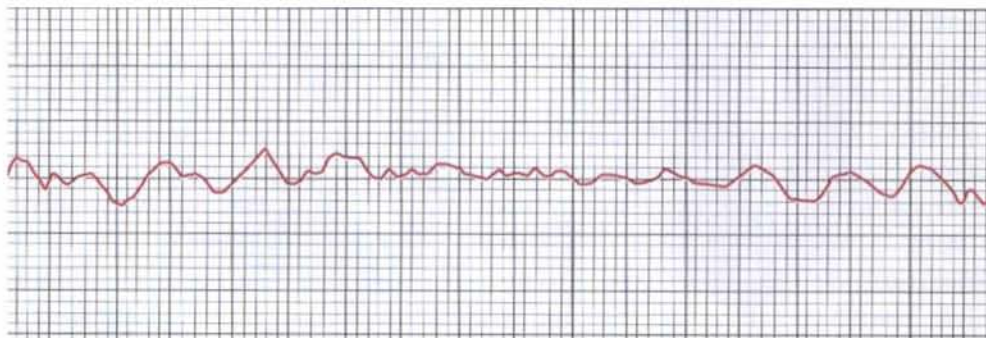
Η έναρξη της μαρμαρυγής των κοιλιών είναι δυνατό να προκαλείται από πολλαπλούς παράγοντες, με φυσιολογικό καρδιακό ρυθμό τη μια στιγμή και

με μαρμαρυγή των κοιλιών την επόμενη στιγμή. Ιδιαίτερα πιθανά αίτια για την έναρξη της είναι: η αιφνίδια επίδραση ηλεκτρικού ρεύματος στην καρδιά, η ισχαιμία του μυοκαρδίου, του ειδικού συστήματος αγωγής ή και των δύο. Είναι εξίσου πιθανό και για τις δυο περιπτώσεις, να εμφανιστεί αμέσως ένα σύστημα διεγέρσεων επανεισόδου, με αποτέλεσμα οι διεγέρσεις που προκαλούν συστολή να φέρονται γύρω - γύρω κατά κύκλους, μέσα στο μυοκάρδιο. Αυτό το φαινόμενο συχνά χαρακτηρίζεται και ως κυκλική κίνηση ή κίνηση ιπποδρομίου.

Η «τρωτή» περίοδος για πρόκληση μαρμαρυγής των κοιλιών είναι η χρονική περίοδος ανάμεσα στον καρδιακό παλμό, κατά την οποία υπάρχει η πιθανότητα να υπάρχουν στο μυοκάρδιο συγχρόνως περιοχές που βρίσκονται σε ανερέθιστη περίοδο και άλλες που να βρίσκονται σε διαγέρσιμη κατάσταση. Αυτός είναι ο χρόνος κατά τον οποίο η καρδιά αναλαμβάνει από τον προηγούμενο καρδιακό παλμό δηλαδή, ακριβώς στο τέλος της καρδιακής συστολής. Γι' αυτό, η χρονική αυτή στιγμή μέσα στον καρδιακό κύκλο, χαρακτηρίζεται ως τρωτή περίοδος των κοιλιών για ανάπτυξη μαρμαρυγής. Πράγματι, ένα απλό ηλεκτρικό ερέθισμα κατά τη διάρκεια αυτής της τρωτής περιόδου, συχνά μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση διεγέρσεων που να εκτείνονται προς μία μόνο κατεύθυνση γύρω από τις περιοχές του μυοκαρδίου που βρίσκονται σε ανερέθιστη περίοδο, και έτσι προκαλείται η έναρξη μαρμαρυγής.

Το ηλεκτροκαρδιογράφημα κατά τη μαρμαρυγή των κοιλιών

Στη μαρμαρυγή των κοιλιών, το ΗΚΓ είναι πολύ παράδοξο και κανονικά δεν εμφανίζει καμία τάση για κανονικό ρυθμό οποιουδήποτε τύπου, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.9.



Εικόνα 5.9 Μαρμαρυγή των κοιλιών - απαγωγή II[4]

Στις αρχικές φάσεις της μαρμαρυγής των κοιλιών σχετικά μεγάλες μάζες μυοκαρδίου συστέλλονται συγχρόνως, και αυτό προκαλεί ισχυρά, αλλά μη κανονικά κύματα στο ΗΚΓ. Εντούτοις, μέσα σε λίγα μόνο δευτερόλεπτα, οι αδρές συστολές των κοιλιών εξαφανίζονται, και το ΗΚΓ αλλάζει μορφή και εμφανίζει ακανόνιστα κύματα με χαμηλό δυναμικό. Έτσι, κατά τη μαρμαρυγή των κοιλιών δεν μπορεί πλέον να διακρίνεται στο ΗΚΓ καμία επαναληπτική μορφή, εκτός από το γεγονός ότι τα ηλεκτρικά δυναμικά μεταβάλλονται συνεχώς και σπασμωδικά, γιατί τα ηλεκτρικά ρεύματα στην καρδιά ρέουν προς τη μία και την άλλη κατεύθυνση, και σπάνια επαναλαμβάνουν μία συγκεκριμένη διαδρομή.

Οι ηλεκτρικές τάσεις των κυμάτων στο ΗΚΓ κατά τη μαρμαρυγή των κοιλιών είναι περίπου 0,5 mV στην αρχή της μαρμαρυγής, με ταχεία όμως μείωση, ώστε μετά από 20 ως 30 δευτερόλεπτα, η τάση είναι μόνο 0,2 ως 0,3 mV. Πολύ μικρά δυναμικά, της τάξης των 0,1 mV ή και μικρότερα, είναι δυνατό να αναγράφονται για δέκα ή και περισσότερα λεπτά μετά την έναρξη της μαρμαρυγής. Όπως είπαμε ήδη παραπάνω, η μαρμαρυγή των κοιλιών είναι θανατηφόρα, εκτός αν ανασταλεί με κάποια ηρωική επέμβαση, όπως είναι η άμεση εφαρμογή ηλεκτρικής εκκένωσης.

5.2.4 Ηλεκτρική «απινίδωση» των κοιλιών

Παρά το γεγονός ότι ένα ασθενές εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί σχεδόν πάντοτε μαρμαρυγή των κοιλιών, ένα πολύ ισχυρό ηλεκτρικό ρεύμα, που εφαρμόζεται στις κοιλίες για βραχύ χρονικό διάστημα, είναι δυνατό να σταματήσει τη μαρμαρυγή, με την πρόκληση ανερέθιστης περιόδου συγχρόνως σε ολόκληρο το μυοκάρδιο.

Αυτό κατορθώνεται με τη διοχέτευση ισχυρού ρεύματος, μέσα από ηλεκτρόδια, που τοποθετούνται σε δύο πλευρές της καρδιάς. Το ρεύμα διαπερνά τις περισσότερες ίνες των κοιλιών, με αποτέλεσμα τη σύγχρονη εγκατάσταση ανερέθιστης περιόδου. Όλες οι διεγέρσεις αναστέλλονται, η δε καρδιά παραμένει σε κατάσταση ηρεμίας για 3 ως 5 sec μετά από τα οποία αρχίζει να συστέλλεται, με βηματοδότη το φλεβοκόμβο ή κάποιο άλλο σημείο της καρδιάς, το οποίο αναλαμβάνει λειτουργία βηματοδότη. Σε μερικές περιπτώσεις, η ίδια η εστία επανεισόδου, η οποία είχε αρχικά προκαλέσει τη μαρμαρυγή των κοιλιών, εξακολουθεί να υφίσταται οπότε η μαρμαρυγή επαναλαμβάνεται αμέσως.

Όταν τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται κατευθείαν στις πλευρές της καρδιάς, η μαρμαρυγή μπορεί συνήθως να ανασταλεί με την εφαρμογή εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος, 50 κύκλων ανά sec και με τάση 220 volts για χρονικό διάστημα 0,1 sec ή με συνεχές ρεύμα, με τάση 1000 volts, για μερικά μόνο χιλιοστά του sec. Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα εφαρμόζεται με την παρεμβολή του θωρακικού τοιχώματος, η συνήθης πρακτική είναι η φόρτιση ενός μεγάλου ηλεκτρικού πυκνωτή με ηλεκτρική τάση πολλών χιλιάδων volts, και στη συνέχεια η εκφόρτισή του, μέσα σε χρόνο λίγων χιλιοστών του sec, μέσα από τα ηλεκτρόδια, με παρεμβολή της καρδιάς.

Σε εργαστηριακό πείραμα, η καρδιά ενός σκύλου, υπό αναισθησία, υποβλήθηκε σε ηλεκτρική απινίδωση 130 φορές, μέσα από τα τοιχώματα του θώρακα, χωρίς το πειραματόζωο να εμφανίσει οποιαδήποτε παθολογική βλάβη.

5.2.5 Η μάλαξη της καρδιάς

Εκτός από την περίπτωση της απινίδωσης μέσα σε ένα μόνο πρώτο λεπτό από την έναρξη της μαρμαρυγής, η καρδιά είναι συνήθως τόσο αδύναμη, ώστε να μη μπορεί να αναζωογονηθεί μόνο με την απινίδωση, εξαιτίας της αναστολής της τροφοδοσίας της με την αιμάτωση των στεφανιαίων. Παρ'όλα αυτά, υφίσταται ακόμα και η δυνατότητα για αναζωογόνηση της καρδιάς,

πρώτα με καρδιακή μάλαξη και αργότερα με απινίδωση. Με αυτό τον τρόπο μικρά ποσά αίματος διοχετεύονται προς την αορτή, και εγκαθίσταται και πάλι κάποια αιμάτωση των στεφανιαίων. Στη συνέχεια, μετά από λίγα λεπτά, συχνά μπορεί να γίνει και η ηλεκτρική απινίδωση. Πράγματι, υπάρχουν περιπτώσεις που η καρδιά διατηρήθηκε σε ζωή με καρδιακή μάλαξη μέχρι και 90 λεπτά πριν από την απινίδωση.

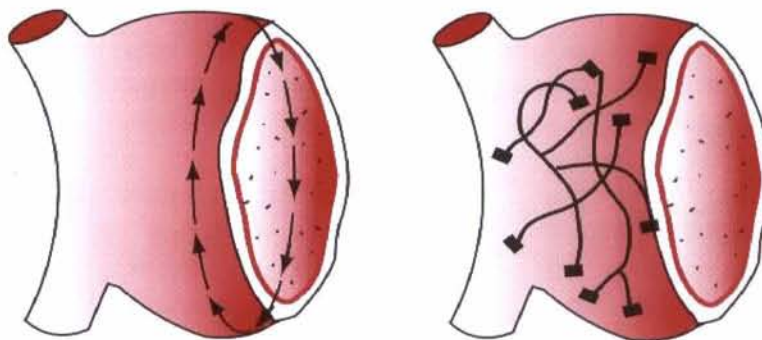
Κατά τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκε τεχνική για μάλαξη της καρδιάς χωρίς τη διάνοιξη του θώρακα. Η τεχνική αυτή συνίσταται σε επαναλαμβανόμενες, πολύ ισχυρές ωθήσεις, που εφαρμόζονται στο θωρακικό τοίχωμα, σε συνδυασμό με τεχνητή αναπνοή. Η τεχνική αυτή ονομάζεται καρδιοπνευμονική αναβίωση.

Η αναστολή της αιμάτωσης του εγκεφάλου για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από πέντε ως δέκα λεπτά καταλήγει συνήθως σε μόνιμη διαταραχή, ή ακόμα σε ολική καταστροφή του εγκεφάλου. Ακόμα και αν η καρδιά αναζωογονηθεί, το άτομο είναι δυνατό να πεθάνει εξαιτίας της εγκεφαλικής βλάβης ή και να επιβιώσει με μόνιμη διανοητική αναπηρία.

5.2.6 Η μαρμαρυγή των κόλπων

Η μάζα του μυοκαρδίου των κόλπων, εκτός από τη σύνδεση με το κοιλιοκοιλιακό δεμάτιο, διαχωρίζεται εντελώς από τη μάζα του μυοκαρδίου των κοιλιών, που είναι μονωμένα μεταξύ τους με ινώδη συνδετικό ιστό.

Αυτός είναι ο λόγος, που η μαρμαρυγή των κοιλιών συχνά παρατηρείται εντελώς ανεξάρτητα από τη μαρμαρυγή των κόλπων. Επίσης συχνά παρατηρείται μαρμαρυγή των κόλπων, ανεξάρτητα από μαρμαρυγή των κοιλιών, η δε κατάσταση ονομάζεται μαρμαρυγή των κόλπων και απεικονίζεται στο δεξί τμήμα της παρακάτω εικόνας.



Εικόνα 5.10 Οδοί μετάδοσης των διεγέρσεων σε πτερυγισμό και μαρμαρυγή των κόλπων[4]

Ο μηχανισμός της μαρμαρυγής των κόλπων είναι πανομοιότυπος με εκείνον των κοιλιών, εκτός από το γεγονός ότι η σχετική διεργασία συμβαίνει στη μάζα του μυοκαρδίου των κόλπων αντί στη μάζα του μυοκαρδίου των κοιλιών.

Μια πολύ συχνή αιτία της μαρμαρυγής των κόλπων είναι η αύξηση του μεγέθους των κόλπων. εξαιτίας βλάβης των βαλβίδων της καρδιάς, που παρακωλύουν τη φυσιολογική εκκένωση των κόλπων προς τις κοιλίες ή και από

ανεπάρκεια των κοιλιών, με αποτέλεσμα την υπέρμετρη στάση αίματος μέσα στους κόλπους. Τα διατεταμένα τοιχώματα των κόλπων παρέχουν τις ιδανικές συνθήκες για την επιμήκυνση της διαδρομής αγωγής της διέγερσης, καθώς και την επιβράδυνση της αγωγής, δύο παράγοντες που προδιαθέτουν την ανάπτυξη μαρμαρυγής των κόλπων.

Χαρακτηριστικά άντλησης αίματος από τους κόλπους κατά τη μαρμαρυγή των κόλπων

Όπως οι κοιλίες δεν μπορούν να αντλούν αίμα κατά τη διάρκεια μαρμαρυγής των κοιλιών, έτσι και οι κόλποι δεν μπορούν να αντλούν αίμα κατά τη διάρκεια μαρμαρυγής των κόλπων. Γι αυτό το λόγο, οι κόλποι καθίστανται εντελώς άχρηστοι ως εναυσματικές αντλίες για τις κοιλίες. Παρόλα αυτά, αίμα εξακολουθεί να ρέει παθητικά μέσα από τους κόλπους προς τις κοιλίες, η δε αντλητική απόδοση των κοιλιών ελαττώνεται μόνο κατά 20 ως 30%.

Κατά συνέπεια, σε αντίθεση με την άμεση μοιραία κατάληξη της μαρμαρυγής των κοιλιών, το άτομο μπορεί να επιβιώνει για μήνες ή ακόμα και χρόνια με μαρμαρυγή των κόλπων, αν και με ελαττωμένη αντλητική απόδοση της καρδιάς.

Το ηλεκτροκαρδιογράφημα κατά τη μαρμαρυγή των κόλπων

Στην Εικόνα 5.11 παρουσιάζεται ΗΚΓ που ελήφθη κατά τη διάρκεια μαρμαρυγής των κόλπων. Κατά τη μαρμαρυγή των κόλπων πολλά μικρά κύματα εκπόλωσης επεκτείνονται σε όλες τις κατευθύνσεις, μέσα στο μυοκάρδιο των κόλπων. Επειδή αυτά τα κύματα είναι ασθενή και επειδή πολλά απ' αυτά εμφανίζουν αντίθετη πολικότητα σε μια οποιαδήποτε δεδομένη χρονική στιγμή, συνήθως αλληλοεξουδετερώνονται σχεδόν πλήρως.



Εικόνα 5.11 Μαρμαρυγή των κόλπων - απαγωγή Ι[4]

Συνεπώς, στο ΗΚΓ είναι δυνατό να μην παρατηρούνται κύματα P από τους κόλπους, είτε να παρατηρείται υψηλής συχνότητας και χαμηλού δυναμικού κυματοειδής εγγραφή. Εξάλλου τα συμπλέγματα QRS-T είναι απόλυτα φυσιολογικά, εκτός από την περίπτωση παρουσίας παθολογικής βλάβης των κοιλιών, η συχνότητα τους όμως εμφανίζει πολύ μεγάλες ανωμαλίες.

Κατά τη μαρμαρυγή των κόλπων, οι διεγέρσεις φτάνουν στον κολποκοιλιακό κόμβο με μεγάλη συχνότητα, αλλά και με αρρυθμία. Επειδή ο κολποκοιλιακός κόμβος δεν μπορεί να αφήσει να περάσει δεύτερη διέγερση πριν να παρέλθει χρονικό διάστημα περίπου 0,35 sec μετά από την προηγούμενη διέγερση, τουλάχιστον 0,35 sec πρέπει να μεσολαβούν μεταξύ μιας συστολής των κοιλιών και της επόμενης. Επίσης, ένα επιπρόσθετο αλλά και μεταβαλλό-

μενο χρονικό διάλειμμα από 0 ως 0,6 sec παρεμβάλλεται ως τη στιγμή που μία από τις άρρυθμες διεγέρσεις της μαρμαρυγής τυχαίνει να φτάνει στον κολποκοιλιακό κόμβο. Με αυτόν τον τρόπο, το χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ δύο διαδοχικών συστολών των κοιλιών ποικίλει από ένα ελάχιστο 0,35 sec περίπου, ως ένα μέγιστο 0,95 sec περίπου, με αποτέλεσμα την πολύ μεγάλη αρρυθμία της καρδιακής λειτουργίας.

Πράγματι, αυτή η αρρυθμία, που απεικονίζεται με την εξαιρετικά μεγάλη ανισότητα των διαστημάτων μεταξύ των συστολών της καρδιάς στο ΗΚΓ της Εικόνας 5.11, αποτελεί ένα από τα κλινικά ευρήματα που χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση αυτής της παθολογικής κατάστασης. Επίσης, εξαιτίας του πολύ υψηλού ρυθμού των διεγέρσεων της μαρμαρυγής των κόλπων, οι κοιλίες συνήθως εξαναγκάζονται σε λειτουργία με υψηλή καρδιακή συχνότητα, που συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 125 και 150 συστολών το λεπτό.

Η θεραπεία της μαρμαρυγής των κόλπων με ηλεκτροπληξία

Η μαρμαρυγή των κόλπων μπορεί να ανατάσσεται σε φυσιολογικό ρυθμό με ηλεκτροπληξία, με τον ίδιο τρόπο που η μαρμαρυγή των κοιλιών ανατάσσεται με ηλεκτροπληξία. Η διαδικασία πρακτικά είναι ίδια με εκείνη που εφαρμόζεται στην περίπτωση της μαρμαρυγής των κοιλιών, δηλαδή η διοχέτευση ενός μόνο ισχυρού ηλεκτρικού παλμού μέσα από τους κόλπους, με αποτέλεσμα να προκαλείται ανερέθιστη περίοδος λίγων δευτερολέπτων, για ολόκληρη την καρδιά. Μετά από αυτό, συνήθως ακολουθεί φυσιολογικός καρδιακός παλμός, εφόσον η καρδιά έχει τη δυνατότητα.

5.3 Ο ΠΤΕΡΥΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΟΛΠΩΝ

Ο πτερυγισμός των κόλπων είναι μια κατάσταση, η οποία προκαλείται από κυκλική κίνηση διέγερσης στους κόλπους. Παρόλα αυτά, διαφέρει από τη μαρμαρυγή των κόλπων στο γεγονός ότι το ηλεκτρικό σήμα φέρεται σαν ένα μεγάλο μέτωπο κύματος πάντα προς μια μόνο κατεύθυνση, γύρω από τη μάζα του μυοκαρδίου των κόλπων. Όπως φαίνεται στο αριστερό μέρος της Εικόνας 5.10, αυτό το μέτωπο του κύματος ακολουθεί συνήθως διαδρομή από πάνω προς τα κάτω, γύρω από τις εκβολές της άνω και της κάτω κοίλης φλέβας.

Ο πτερυγισμός των κόλπων προκαλεί έναν πολύ γρήγορο ρυθμό συστολής των κόλπων, συνήθως μεταξύ 200 και 350 συστολών ανά λεπτό. Όμως, το ποσό του αίματος που αντλείται από τους κόλπους είναι πολύ μικρό, επειδή η μια πλευρά των κόλπων συστέλλεται ενώ η άλλη βρίσκεται σε χάλαση. Επίσης, η συχνότητα με την οποία οι διεγέρσεις φτάνουν στον κολποκοιλιακό κόμβο είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που θα τους επέτρεπε σε όλες τη δίοδο προς τις κοιλίες. Κατά συνέπεια, συνήθως επιτελούνται δύο ή τρεις συστολές των κόλπων προς μία μόνο συστολή των κοιλιών.

**Εικόνα 5.12** Πτερυγισμός των κόλπων - απαγωγή II[4]

Στην Εικόνα 5.12 φαίνεται το τυπικό ΗΚΓ σε περίπτωση πτερυγισμού των κόλπων. Τα κύματα P είναι υψηλά, λόγω της συστολής ημισυντονισμένων μαζών από το μυοκάρδιο των κόλπων. Σημειώνεται όμως, ότι ένα σύμπλεγμα QRS-T ακολουθεί ένα κύμα P μία φορά για κάθε δύο ή τρεις συστολές των κόλπων, δηλαδή ο ρυθμός είναι 2:1 ή 3:1.

5.4 Η ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΤΑΣΗ

Μια τελική βαριά ανωμαλία του συστήματος της ρυθμικότητας και αγωγής της διέγερσης της καρδιάς, είναι η καρδιακή στάση, η οποία είναι το αποτέλεσμα της αναστολής όλων των αυτόματων ρυθμικών διεγέρσεων της καρδιάς.

Οι πιθανότητες για την πρόκληση καρδιακής στάσης είναι ιδιαίτερα μεγάλες κατά τη διάρκεια βαθιάς αναισθησίας, όταν ο ασθενής συχνά εμφανίζει βαριά υποξία εξαιτίας ανεπαρκούς αερισμού των πνευμόνων. Η υποξία παρακωλύει τη διατήρηση φυσιολογικών διαφορών συγκεντρώσεων ηλεκτρολυτών μεταξύ των δύο όψεων της κυτταρικής μεμβράνης των ινών του μυοκαρδίου και των ινών αγωγής της διέγερσης και η διεγερσιμότητα τους είναι δυνατό να επηρεάζεται και κατά τέτοιο τρόπο ώστε να προκαλείται παύση της αυτόματης ρυθμικότητας τους.

Μετά από πρόσκαιρη καρδιακή παύση, η καρδιοπνευμονική αναβίωση είναι συνήθως επιτυχής για την αποκατάσταση του φυσιολογικού ρυθμού της καρδιακής λειτουργίας. Εντούτοις, σε μερικούς ασθενείς, η βαριά μυοκαρδιοπάθεια οδηγεί σε μόνιμη καρδιακή στάση, η οποία είναι φανερό ότι επιφέρει αμέσως το θάνατο. Σε πολλές περιπτώσεις όμως, τα ρυθμικά ηλεκτρικά ερεθίσματα, που προέρχονται από εμφυτευμένο ηλεκτρονικό βηματοδότη της καρδιάς, χρησιμοποιούνται με επιτυχία για να κρατήσουν τον ασθενή στη ζωή για πολλά χρόνια.

Ο ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΟΣ

6.1 Ηλεκτροκαρδιογράφος

Οι μετρήσεις που γίνονται με τον ηλεκτροκαρδιογράφο χρησιμοποιούνται για την απόκτηση επιπρόσθετης πληροφορίας, πέραν αυτής που αποκτάται με χρήση του ιατρικού ακουστικού, που αφορά την ηλεκτρική δραστηριότητα της περιοχής μέσα και γύρω από την καρδιά. Οι ηλεκτροκαρδιογράφοι μπορεί να διαφορικού τύπου, ανάλογα με το είδος του ηλεκτροκαρδιογραφήματος που λαμβάνεται, αλλά και ανάλογα με τις διαφορετικές προδιαγραφές (δηλαδή μηχανήματα που, ενώ παράγουν μορφολογικά ίδιο ΗΚΓ, τα ίδια τα μηχανήματα παρουσιάζουν διαφορές στις συχνότητες αποκοπής των φίλτρων, στην ενίσχυση των προενισχυτών τους, στον αριθμό των bits ψηφιοποίησης κ.τ.λ.).

Οι ηλεκτροκαρδιογράφοι χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες, ανάλογα με τον αριθμό των καναλιών που δίνουν ως έξοδο:

Μονοκαναλικοί: Ένα πολύ γνωστό είδος μονοκαναλικού καρδιογράφου είναι ο His-Purkinje καρδιογράφος και αφορά την απευθείας καταγραφή του ηλεκτρικού δυναμικού του His-Purkinje νευρικού δένδρου.

12-καναλικοί: Η κατηγορία αυτή είναι η πιο διαδεδομένη από όλες τις άλλες, ενώ τα μηχανήματα που υπάγονται σε αυτήν δίνουν το πιο γνωστό ΗΚΓ που στη διεθνή βιβλιογραφία ονομάζεται normal ECG.

Πολυκαναλικοί: Στην κατηγορία αυτήν υπάγονται συστήματα που δίνουν ΗΚΓ σε 32 έως 256 κανάλια. Οι καρδιογράφοι αυτοί δεν έχουν ευρεία κλινική εφαρμογή, εκτός από το γνωστό test κοπώσεως, χρησιμοποιούνται κυρίως για πειραματικούς σκοπούς και η κλινική τους χρήση είναι περιορισμένη, λόγω της υψηλής τιμής τους. Το ΗΚΓ που δίνουν είναι πολύ σημαντικό για τους ερευνητές που μελετούν τη λειτουργία της καρδιάς, γιατί είναι πολύ λεπτομερές, αφού χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια σε όλη την επιφάνεια του ανθρώπινου σώματος για την απόκτηση του.

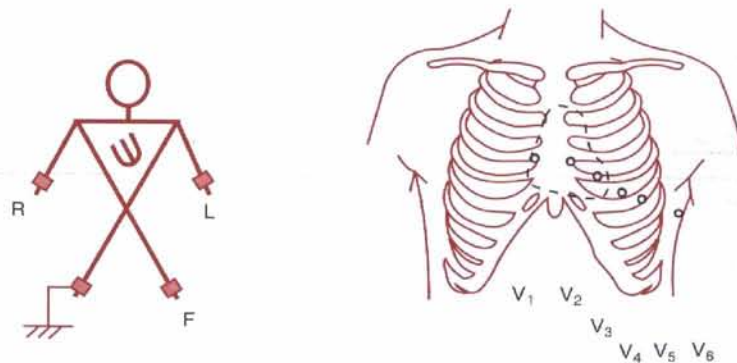
Ένα μεγάλο δείκτη πολυπλοκότητας για όλα τα παραπάνω είδη καρδιογράφων αποτελεί τόσο η χρήση ογκώδους υλικού, όσο και ο αριθμός ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούνται για την λήψη του ηλεκτροκαρδιογραφήματος. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούνται, τόσο αυξάνεται και ο αριθμός των ενισχυτών και των απομονοτών εισόδου που απαιτούνται. Συνεπώς, ο όγκος του αναλογικού υλικού αυξάνεται, γεγονός που πρέπει να αποφεύγεται, αφού τα αναλογικά ηλεκτρονικά είναι πολύ ευαίσθητα σε περιβάλλον θορύβου.

6.2 Τα ηλεκτρόδια και η τοποθέτησή τους στο ανθρώπινο σώμα

Ηλεκτρόδια ή κανάλια εισόδου ή απαγωγές σήματος ονομάζονται οι αισθητήρες που τοποθετούνται στο ανθρώπινο σώμα, για να καταγράψουν την ηλεκτρική δραστηριότητα στην περιοχή της καρδιάς. Όμως, μόνο για τους 12-κάναλους καρδιογράφους έχει οριστεί με ακρίβεια ο αριθμός των ηλεκτροδίων, καθώς και το σημείο τοποθέτησής τους πάνω στο σώμα του ασθενούς.

Για τους μονοκάναλους καρδιογράφους, το ηλεκτρόδιο είναι ένας αισθητήρας ηλεκτρικής τάσης που τοποθετείται στον ασθενή με καθετηριασμό. Τέλος στους πολυκαναλικούς καρδιογράφους χρησιμοποιείται μεταβλητός αριθμός ηλεκτροδίων, που η τοποθέτησή τους γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να καταγράφονται συγκεκριμένες καρδιακές δραστηριότητες, γι' αυτό και χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην έρευνα.

Στους 12-κάναλους καρδιογράφους, τα ηλεκτρόδια είναι συνολικά δέκα από τα οποία προκύπτουν δώδεκα σήματα στην έξοδο του καρδιογράφου, λαμβάνοντας ως γη το ηλεκτρόδιο του αριστερού ποδιού. Επίσης, οι απαγωγές χωρίζονται σε δυο είδη: τις απαγωγές στήθους (chest leads: V1, V2, V3, V4, V5, V6) και τις απαγωγές άκρων (metal electrodes). Ηλεκτρονικά οι απαγωγές στήθους προκύπτουν πολύ εύκολα με σύγκριση του σήματος αναφοράς (δεξί πόδι) και κάθε μιας από τις απαγωγές στήθους. Από τις απαγωγές άκρων όμως προκύπτουν έξι επιπλέον σήματα: τα VI, Vr, Vf, που προκύπτουν με σύγκριση των R, L, F με το σήμα αναφοράς και τα σήματα I, II, III που προκύπτουν με σύγκριση των L, R, F με το ηλεκτρονικό τους άθροισμα, το οποίο πρέπει να είναι 0V.



Εικόνα 6.1 Η διάταξη των ηλεκτροδίων για 12-κάναλο καρδιογράφο, πάνω στο ανθρώπινο σώμα, έξι ηλεκτρόδια στο θώρακα και τέσσερα στα πάνω και κάτω άκρα[4]

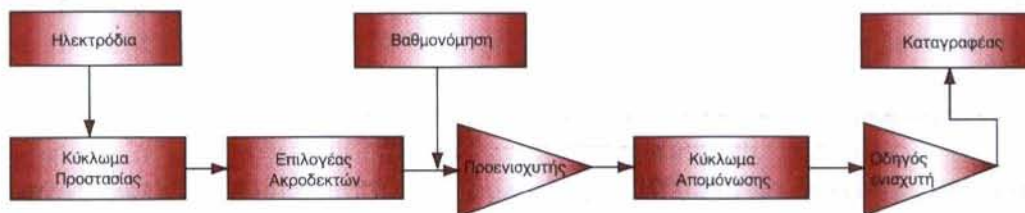
6.3 Γενική περιγραφή των υποσυστημάτων ενός ηλεκτροκαρδιογράφου

Ο ηλεκτροκαρδιογράφος είναι, ουσιαστικά, ένας ενισχυτής που ακολουθείται από ένα καταγραφέα, και η βασική του λειτουργία είναι η λήψη του ασθενούς ηλεκτρικού σήματος της καρδιάς, όπως αυτό φτάνει στην επιφάνεια του σώματος, και η ενίσχυση του πλάτους του για περαιτέρω επεξεργασία, καταγραφή ή αποθήκευση.

Τα βασικά υποσυστήματα ενός ηλεκτροκαρδιογράφου είναι τα εξής:

- Τα ηλεκτρόδια τα οποία χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς.
- Τα κυκλώματα προστασίας και απομόνωσης για την ασφάλεια του ατόμου του οποίου το ΗΚΓ καταγράφεται. Είναι διατάξεις απομόνωσης υπερτάσεων στις εισόδους της συσκευής.

- Ο επιλογέας ακροδεκτών για την επιλογή της επιθυμητής προς καταγραφή απαγωγής. Ένας τυπικός ηλεκτροκαρδιογράφος περιλαμβάνει τουλάχιστον 12 ακροδέκτες εισόδου για να μπορούμε να παίρνουμε συγκεκριμένου τύπου ΗΚΓ.
- Ο προενισχυτής, ο οποίος πραγματοποιεί την πρώτη προενίσχυση που δέχεται το σήμα. Πρέπει να έχει πολύ υψηλό λόγο απόρριψης κοινού σήματος (CMRR) και συνήθως υλοποιείται με τελεστικούς ενισχυτές. Ο προενισχυτής του σήματος έχει ιδιαίτερη σημασία για τα συστήματα ηλεκτροκαρδιογραφίας και πρέπει να εκπληρώνει μια σειρά από σοβαρές απαιτήσεις. Συγκεκριμένα θα πρέπει:
 - Α) να υποδέχεται συνεχείς τάσεις μέχρι 300mV
 - Β) να έχει σύνθετη αντίσταση εισόδου, μεγαλύτερη από 1MΩ
 - Γ) να έχει ικανοποιητική διακριτική ικανότητα απέναντι στις συχνότητες του δικτύου (50Hz), οι οποίες εισέρχονται μέσω του ασθενούς (χωρητική ζεύξη)
 - Δ) να αντέχει σε στιγμιαίες υψηλές τάσεις, οι οποίες προέρχονται π.χ. από την εφαρμογή απινίδωσης, στον ελεγχόμενο ασθενή,
 - Ε) να έχει εξαιρετικά χαμηλά ρεύματα εισόδου, ώστε να αποφεύγεται η εμφάνιση τάσεων πόλωσης,
 - Στ) να έχει χαμηλό θόρυβο
- Το κύκλωμα απομόνωσης, το οποίο είναι ένα ζωνοπερατό φίλτρο στα 50 Hz για την αποκοπή των παρεμβολών του δικτύου. Προστατεύει επίσης τον ασθενή από τυχόν ρεύματα διαρροής από ή προς τα μεταλλικά της συσκευής.
- Το κύκλωμα οδήγησης δεξιού κάτω άκρου, το οποίο παρέχει αναφορά τάσεων, δηλαδή ορίζει μία γείωση, και το κύκλωμα κύριας ενισχυτικής βαθμίδας, το οποίο ενισχύει το σήμα όσο χρειάζεται ώστε να αποδοθεί ικανοποιητικά από τη συσκευή καταγραφής.
- Ο καταγραφέας, ο οποίος εξασφαλίζει την εκτύπωση της οθόνης στο χαρτί. Στους ψηφιακούς ηλεκτροκαρδιογράφους υπάρχει και σύστημα μνήμης το οποίο επιτρέπει την καταγραφή των δεδομένων σε δίσκο μαζί με προσωπικά δεδομένα του ασθενούς.
- Το σήμα βαθμονόμησης, το οποίο εξασφαλίζει την αρχικοποίηση από τυχόν αποκλίσεις.



Εικόνα 6.2 Τα βασικά υποσυστήματα ενός ηλεκτροκαρδιογράφου[4]

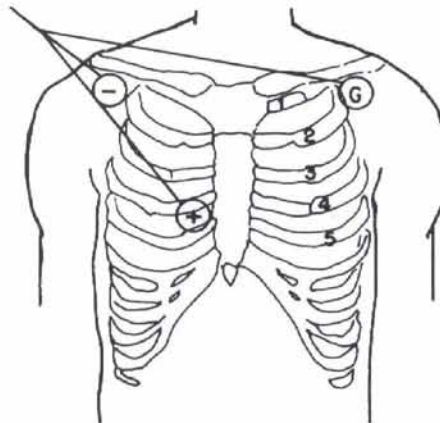
6.4 Συσσκευές καρδιακής παρακολούθησης

Είναι γεγονός πως δεν είναι πάντα εύκολο ή αναγκαίο να ληφθεί ένα πλήρες ΗΚΓ των 12 απαγωγών. Για παράδειγμα, οι άρρωστοι στις μονάδες στεφανιαίας παρακολούθησης απαιτούν συνεχή επιτήρηση. Σε τέτοιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές συνεχούς παρακολούθησης της καρδιάς (cardiac monitors), που κάνουν συνεχή καταγραφή της καρδιακής δραστηριότητας, παλμό με παλμό, από την απαγωγή του monitor.

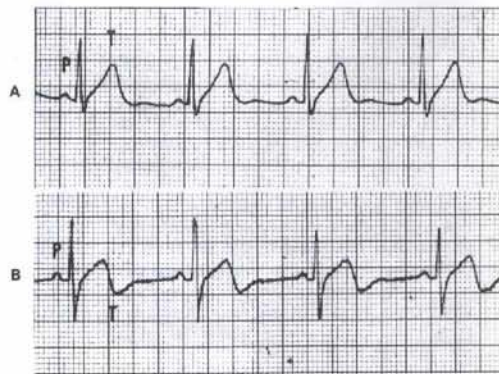
Η απαγωγή συνεχούς λήψεως είναι ειδική και καταγράφεται από τρία δισκοειδή ηλεκτρόδια που τοποθετούνται μόνιμα στο θωρακικό τοίχωμα. Η εικόνα δείχνει τη θέση των ηλεκτροδίων. Ένα από τα ηλεκτρόδια είναι τοποθετείται συνήθως στη θέση V_1 , το θετικό ηλεκτρόδιο, και τα άλλα δύο τοποθετούνται κοντά στον αριστερό και στο δεξιό ώμο, εκ των οποίων το ένα χρησιμεύει σαν αρνητικό ηλεκτρόδιο και το άλλο σαν γείωση.

Όταν αλλάζει η θέση των ηλεκτροδίων στο θωρακικό τοίχωμα, αλλάζουν και τα ΗΚΓ διαγράμματα που προκύπτουν. Επίσης, αν αλλάξει η πολικότητα των ηλεκτροδίων, εάν για παράδειγμα συνδεθεί το αρνητικό ηλεκτρόδιο στη θέση V_1 και το θετικό στο δεξιό ώμο, το ΗΚΓ θα δείξει ένα τελείως αντίκατοπτρικό διάγραμμα.

Οι συσκευές συνεχούς καρδιακής παρακολούθησης (monitors) έχουν ενσωματωμένα ειδικά ηλεκτρονικά φίλτρα που διαστρεβλώνουν την εικόνα του συμπλέγματος ST-T. Κατά συνέπεια, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση ανωμαλιών του ST-T. Μερικές από τις παραμορφώσεις, που προκαλούν οι monitors, φαίνονται στην Εικόνα 6.4 .



Εικόνα 6.3 Απαγωγή συνεχούς λήψεως (monitor). Το θωρακικό ηλεκτρόδιο (+) είναι τοποθετημένο στη θέση V_1 . Ο δεξιός ώμος ενεργεί σαν αρνητικό (-) ηλεκτρόδιο. Στον αριστερό ώμο είναι τοποθετημένο ηλεκτρόδιο γείωσης (G).[6]



Εικόνα 6.4 Επίδραση των φίλτρων στα ΗΚΓ συνεχούς λήψεως απαγωγής. Τα Α και Β πάρθηκαν με διαφορά λίγων δευτερολέπτων. Στο Β το ηλεκτρονικό φίλτρο της συσκευής άλλαξε. Το έπαρμα S έγινε βαθύτερο και εμφανίστηκαν αλλοιώσεις του ST-T[6]

6.5 Περιπατητικοί monitors (Holter)

Οι συσκευές συνεχούς καρδιακής παρακολούθησης (monitors), πού περιγράφθηκαν προηγουμένως, είναι χρήσιμες για άρρωστους καθηλωμένους στο κρεβάτι ή σε κάθισμα, μερικές φορές όμως έχει σημασία ή καταγραφή της καρδιακής λειτουργίας σε περιπατητικούς άρρωστους και για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους.

Ένα ειδικό φορητό σύστημα ΗΚΓ, πού σχεδιάστηκε το 1961 από τον N.J. Holter, καταγράφει το ΗΚΓ άρρωστων σ' όλη τη διάρκεια των καθημερινών τους δραστηριοτήτων. Ο monitor του Holter αποτελείται από ηλεκτρόδια τοποθετημένα στο θωρακικό τοίχωμα και ένα ειδικό φορητό μηχάνημα καταγραφής του ΗΚΓ. Ο άρρωστος μπορεί, μ' αυτό τον τρόπο, να παρακολουθείται συνεχώς για μεγάλο διάστημα (π.χ. 24 ώρες). Ύστερα η ταινία ξαναπαίζεται και τα συμπλέγματα P-QRS-T προβάλλονται σε μια ειδική οθόνη. Για παραπέρα μελέτη και για την τήρηση μόνιμων στοιχείων μπορεί να εκτυπωθεί οποιοδήποτε μέρος του ΗΚΓ.

Οι συσκευές Holter έχουν ανεκτίμητη αξία για πολλές καταστάσεις. Κατά την εκτίμηση, για παράδειγμα, άρρωστων με ανεξήγητα συγκοπτικά φαινόμενα (λιποθυμίες), ή συσκευή Holter μπορεί ν' αποκαλύψει την παρουσία σοβαρών αρρυθμιών, πού είναι διαλείπουσες και είναι δυνατό να μη φανούν σε ένα συνηθισμένο ΗΚΓ. Οι monitors του Holter είναι επίσης χρήσιμοι στη διάγνωση του συνδρόμου βραδυαρρυθμίας-ταχυαρρυθμίας, στο οποίο εναλλάσσονται περίοδοι βραδυκαρδίας με περιόδους ταχυκαρδίας.


ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟ-ΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΟΥ

7.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΟΥ AsCARD B5 ECO Mr. Green



Τροφοδοσία

Συνδέστε τον ηλεκτροκαρδιογράφο AsCARD B5 ECO Mr Green στο δίκτυο της πόλης.

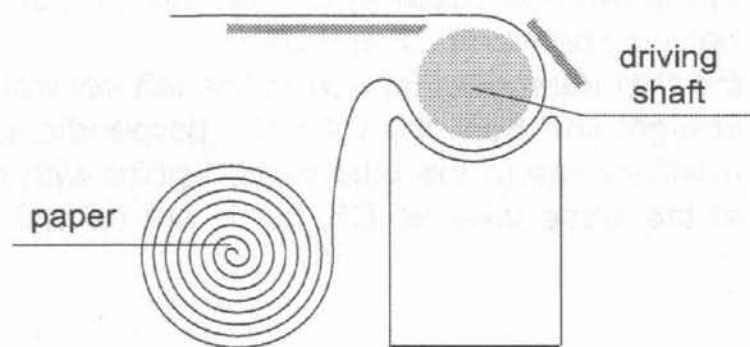
Φόρτιση

Ο φορτιστής θα λειτουργήσει μόλις συνδεθεί με το ρεύμα. Ο χρόνος φόρτισης είναι περίπου 12 με 14 ώρες. Η χωρητικότητα της μπαταρίας επιτρέπει εκτέλεση 100 τουλάχιστον καρδιογραφημάτων (με τη χρήση αυτόματης εξέτασης). Εάν ο καρδιογράφος αποφορτιστεί εμφανίζεται η ένδειξη "†". Μετά πιέστε το πλήκτρο  (Εάν η μονάδα λειτουργεί μόνο με το φορτιστή, κλείνει μετά από 3 λεπτά.)

Πως γίνεται η τοποθέτηση του χαρτού

Εάν δεν υπάρχει χαρτί στη μονάδα φωτίζεται η ένδειξη  Προκειμένου να τοποθετήσετε το χαρτί στη μονάδα, μετακινήστε το καπάκι. Μετά συνδέστε με το ρεύμα. Τοποθετήστε το ρολό μέσα στο κουτί και εισάγετε το χαρτί από άκρη σε άκρη στον κύλινδρο. Η μονάδα θα τροφοδοτηθεί με το χαρτί αυτόματα. Για την εισαγωγή του χαρτιού μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και το πλήκτρο . Μετά τοποθετήστε το καπάκι του χαρτιού.

Για να εμποδίσετε την θερμογραφική κεφαλή από καταστροφή και τη μονάδα από πιθανή εμπλοκή είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείτε τα ειδικά θερμογραφικά χαρτιά.



Εικόνα 9.1 Τοποθέτηση χαρτιού στον ηλεκτροκαρδιογράφο [9]

7.1.1 Η διάταξη των πλήκτρων

Η λειτουργία των πλήκτρων του ηλεκτροκαρδιογράφου AsCARD Mr.Green παρουσιάζεται παρακάτω:



Άνοιγμα



Κλείσιμο



Έναρξη αυτόματης εξέτασης



Έναρξη χειροκίνητης εξέτασης



Διακοπή διαδικασίας εξέτασης



Επιλογή των απαγωγών



Επιλογή πλήθους καναλιών



Φίλτρα





Επιλογή ευαισθησίας



Επιλογή ταχύτητας

Η σημασία των απεικονίσεων στην οθόνη LCD.

- | | |
|---|---------------------------------|
| • 5,10,20 mm/Mv | Επιλογή ευαισθησίας |
| • 2.5,5.25 50mm/s | Επιλογή ταχύτητας |
| • O ← - - → | Αυτόματη επιλογή |
| • O- - → | Επιλογή χειροκίνητης καταγραφής |
| • O- →o | Εκτύπωση αντιγράφου |
| • 35Hz,50Hz,35/50Hz | Επιλογή φίλτρων |
| • INOP
κτροδίων | Απουσία ή χαλαρή σύνδεση ηλε- |
| •  | Τέλος χαρτιού |
| •  | Μπαταρία αποφορτισμένη |
| • I,II,III,aVR,aVL,aVF,VI,V2,V3,V4,V5,V6 | Επιλογή απαγωγής |

7.1.2 Διάταξη των ηλεκτροδίων

Οι ηλεκτροκαρδιογράφοι AsCARD B5 ECO Green είναι εφοδιασμένοι με δεκαπολικό καλώδιο ασθενούς.

Ηλεκτρόδια άκρων:

R:κόκκινο - δεξί χέρι

L:κίτρινο - αριστερό χέρι

F:πράσινο - αριστερό πόδι

N:μαύρο - δεξί πόδι

Προκάρδια ηλεκτρόδια:

C1: λευκό-κόκκινο → στο τέταρτο μεσοπλεύριο διάστημα στο δεξί μέρος του στήνους

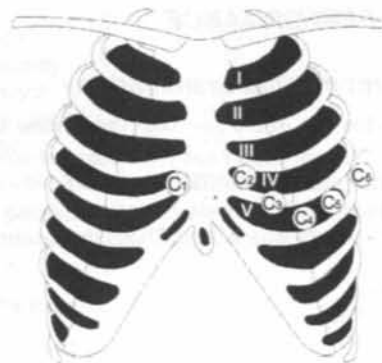
C2: λευκό-κίτρινο → στο τέταρτο μεσοπλεύριο διάστημα στο αριστερό μέρος του στήνους

C3: λευκό-πράσινο → στο ενδιάμεσο του C2 & C4

C4: λευκό-καφέ → στο πέμπτο μεσοπλεύριο διάστημα πάνω στην αριστερή μεσοκλείδια γραμμή

C5: λευκό-μαύρο → στην αριστερή πρόσθια μασχαλιαία γραμμή στο οριζόντιο επίπεδο της C4






C6: λευκό-μωβ → στην αριστερή μεσομασχαλιαία γραμμή στο οριζόντιο επίπεδο της C5



Εικόνα 9.2 Διάταξη των ηλεκτροδίων[9]

7.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ




7.2.1 Εκτέλεση χειροκίνητης εξέτασης

Ανοίξτε τη μονάδα με το πλήκτρο 
Η μονάδα ελέγχει την καλή επαφή των ηλεκτροδίων με το σώμα του ασθενούς και σε περίπτωση κακής σύνδεσης παρουσιάζεται η ένδειξη INOP
Επιλέξτε την ευαισθησία 
Επιλέξτε την απαγωγή 
Επιλογή πλήθους καναλιών 
Πιέστε το πλήκτρο  Το ΗΚΓ ξεκινά.
Οι παράμετροι που επιλέξατε παραπάνω εμφανίζονται στην οθόνη



Κατά τη διάρκεια του ΗΚΓ είναι δυνατό να αλλάξουν κάποιοι παράμετροι όπως:

- Α) απαγωγές
- Β) ταχύτητα καταγραφής
- Γ) ευαισθησία
- Δ) φίλτρα
- Στ) τύπος καταγραφής(πλήθος καναλιών)

Κάθε αλλαγή παραμέτρου αυτόματα αναγράφεται στην οθόνη και καταγράφεται στο ΗΚΓ.


Το ηλεκτροκαρδιογράφημα διαρκεί μέχρι να πιεστεί το πλήκτρο 
Πιέστε το πλήκτρο  για να κλείσει η μονάδα. Η μονάδα κλείνει αυτόματα.
Όταν η μονάδα λειτουργεί με μπαταρία και παραμένει αδρανής για περισσότερο από 3 λεπτά τότε σβήνει αυτόματα. Για να ανοίξει πιέστε το πλήκτρο 

7.2.2 Εκτέλεση αυτόματης εξέτασης


Ανοίξτε τη μονάδα με το πλήκτρο 
Η μονάδα ελέγχει την καλή επαφή των ηλεκτροδίων με το σώμα του ασθενούς και σε περίπτωση κακής σύνδεσης παρουσιάζεται η ένδειξη INOP
Όταν είναι ενεργή η ένδειξη INOP οι απαγωγές τυπώνονται σαν ευθεία γραμμή. Ελέγξτε το χαλαρό ή τα χαλαρά ηλεκτρόδια.
Επιλέξτε την ταχύτητα καταγραφής
Επιλέξτε την ευαισθησία
Επιλέξτε την απαγωγή
Επιλέξτε το πλήθος των καναλιών που θέλετε να εκτυπώσετε
Πιέστε το πλήκτρο 

Η συσκευή αποθηκεύει το ΗΚΓ στη μνήμη της ταυτοχρόνως και τις 12 απαγωγές. Αμέσως μετά η συσκευή ξεκινάει την εκτύπωση.

Η εξέταση μπορεί να διακοπεί πατώντας το πλήκτρο 

Για να κλείσει η μονάδα πιάστε το πλήκτρο 


Εκτύπωση ενός αντιγράφου της αυτόματης εξέτασης


Ανοίξτε τη μονάδα με το πλήκτρο 

Επιλέξτε την ταχύτητα καταγραφής

Επιλέξτε την ευαισθησία


Επιλέξτε το πλήθος των καναλιών που θέλετε να εκτυπώσετε

Πιάστε το πλήκτρο  εάν υπάρχει κάποιο ΗΚΓ απομνημονευμένο η οθόνη το εμφανίζει. Η μονάδα αρχίζει να καταγράφει το απομνημονευμένο ΗΚΓ

Η διαδικασία μπορεί να διακοπεί πατώντας το πλήκτρο 

Πιάστε το πλήκτρο  για να κλείσει η μονάδα

7.3 ΑΛΛΑΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Ανοίξτε τη μονάδα με το πλήκτρο 

Στην οθόνη εμφανίζονται οι παράμετροι που ορίσατε την τελευταία φορά


Οι παράμετροι που φαίνονται στην οθόνη εκτυπώνονται με το ΗΚΓ

Κάθε αλλαγή παραμέτρου προκαλεί και αντίστοιχη καταγραφή της.


Η μεταβολή της ευαισθησίας, των απαγωγών, ή των φίλτρων θα επιφέρει επιπλέον την

εκτύπωση 1 τετραγωνικού παλμού 1mV.

Ταχύτητα καταγραφής

Είναι δυνατή η καταγραφή σε 5,25,50 mm/s. Η επιλογή εμφανίζεται στην οθόνη. Για αλλαγή της ταχύτητας επιλέξτε το πλήκτρο 

Ευαισθησία

Είναι δυνατή η επιλογή 2.5,5,10,20 mm/mV. Η επιλεγόμενη ευαισθησία εμφανίζεται στην οθόνη. Για να αλλάξετε την ευαισθησία χρησιμοποιήστε το πλήκτρο .

Κάθε αλλαγή στην ευαισθησία κατά την διάρκεια της καταγραφής προκαλεί εκτύπωση του τετραγωνικού παλμού ελέγχου 1mV δείγμα και της τρέχουσας κατάστασης.


Απαγωγές

Για αλλαγή απαγωγής πιάστε το πλήκτρο 

Οι απαγωγές αλλάζουν από I μέχρι V6. Κάθε αλλαγή στις απαγωγές κατά τη διάρκεια της καταγραφής προκαλεί εκτύπωση του 1mV ως δείγμα και την περιγραφή της απαγωγής.

Επιπλέον φίλτρα


Είναι δυνατό να ενεργοποιήσετε τα παρακάτω φίλτρα
35Hz/50Hz-φίλτρα για μυϊκά και δικτύου παράσιτα

Για να αλλάξετε τις παραμέτρους των φίλτρων πιέστε το πλήκτρο 

7.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΛΗΘΟΥΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

1 κανάλι εκτύπωση μίας απαγωγής

3 κανάλια διαδοχική εκτύπωση 3 απαγωγών

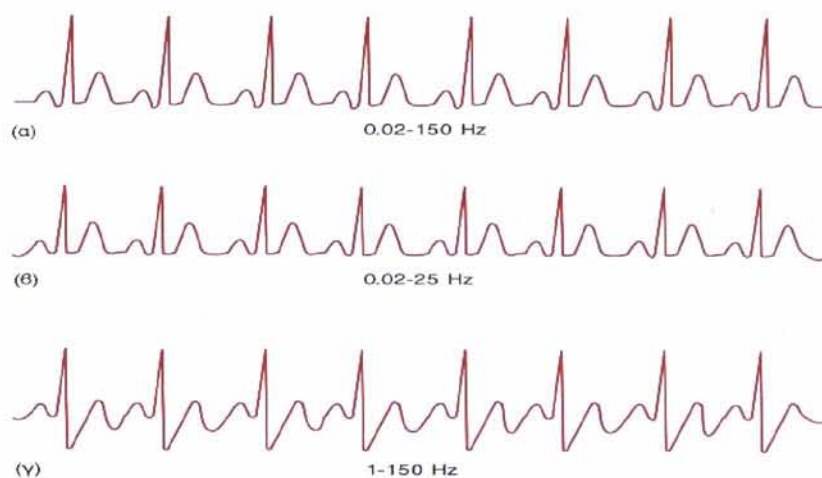
Για αλλαγή των καναλιών πιέστε το πλήκτρο  [9]

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΟΥ

Μερικά από τα προβλήματα που εμφανίζονται κατά τη χρήση του ηλεκτροκαρδιογράφου παρουσιάζονται παρακάτω.

8.1 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

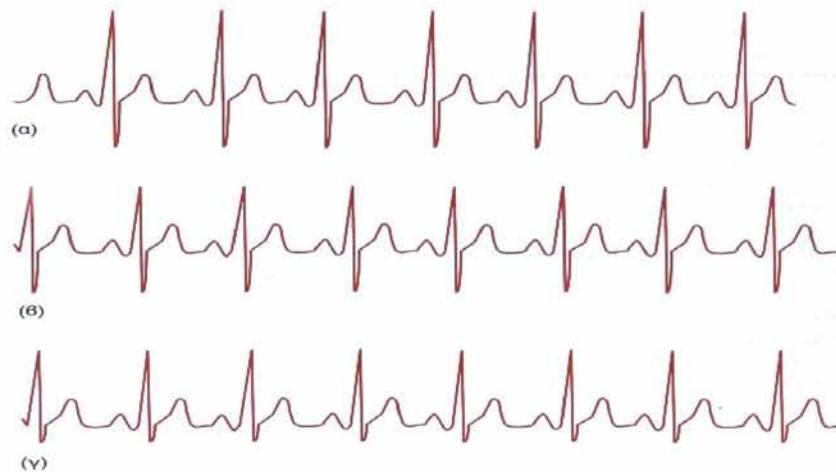
Η παραμόρφωση συχνότητας συμβαίνει κατά τη διέλευση του σήματος από κύκλωμα που έχει ελαχιστοποιήσει το κέρδος στις χαμηλές ή υψηλές συχνότητες, οπότε σε αυτή την περίπτωση εμφανίζεται στο ΗΚΓ παραμόρφωση συχνότητας. Παρακάτω παρουσιάζεται γραφικά το πρόβλημα. Στο (α) φαίνεται η λήψη ενός κανονικού ΗΚΓ με διάταξη που είχε τη σωστή απόκριση συχνότητας (0,02-150 Hz). Έπειτα στο (β) φαίνεται το αρχικό ΗΚΓ το οποίο έχει καταγραφεί με διάταξη που είχε απόκριση συχνότητας από 0,02-25Hz. Στην περίπτωση αυτή έχουμε παραμόρφωση υψηλών συχνοτήτων και μείωση του πλάτους του QRS συμπλέγματος. Τέλος, στο (γ) φαίνεται το ΗΚΓ του (α) το οποίο έχει καταγραφεί με διάταξη που είχε απόκριση συχνότητας από 1-150 Hz. Στην περίπτωση αυτή έχουμε παραμόρφωση χαμηλών συχνοτήτων.



Εικόνα 8.1 Παραμόρφωση συχνότητας του ΗΚΓ. (α) πραγματικό ΗΚΓ, (β) το ίδιο ΗΚΓ όταν περάσει από κύκλωμα χαμηλού κέρδους στις υψηλές συχνότητες, (γ) το ίδιο ΗΚΓ όταν περάσει από κύκλωμα χαμηλού κέρδους στις χαμηλές συχνότητες.[4]

8.2 ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΨΑΛΙΔΙΣΜΟΥ

Ο κορεσμός ενισχυτή και παραμόρφωση ψαλιδισμού είναι αποτέλεσμα κακής αντιστάθμισης ή κακού συντονισμού βαθμίδων και μπορεί να αλλάξει σε μεγάλο βαθμό τη μορφή του ΗΚΓ. Στο σχήμα (α) παρουσιάζεται ένα κανονικό ΗΚΓ. Στο σχήμα (β) φαίνεται η παραμόρφωση της κυματομορφής λόγω κορεσμού. Στην περίπτωση αυτή ο συνδυασμός του πλάτους του σήματος εισόδου και της τάσης απόκλισης οδηγεί τον ενισχυτή σε κορεσμό κατά τη διάρκεια τμήματος του QRS συμπλέγματος. Επομένως οι κορυφές του QRS συμπλέγματος ψαλιδίζονται επειδή η έξοδος του ενισχυτή δεν μπορεί να υπερβεί την τάση κορεσμού. Το σχήμα (γ) δείχνει μία παρόμοια περίπτωση στην οποία τα χαμηλότερα τμήματα του ΗΚΓ κόβονται. Αυτό προκύπτει από αρνητικό κορεσμό του ενισχυτή. Κορυφές των κυμάτων P και T μπορούν ακόμα να φανούν στις καταγραφές, ή μπορεί να είναι χαμηλότερα από το επίπεδο αποκοπής έτσι ώστε να εμφανίζεται μόνο το κύμα R.



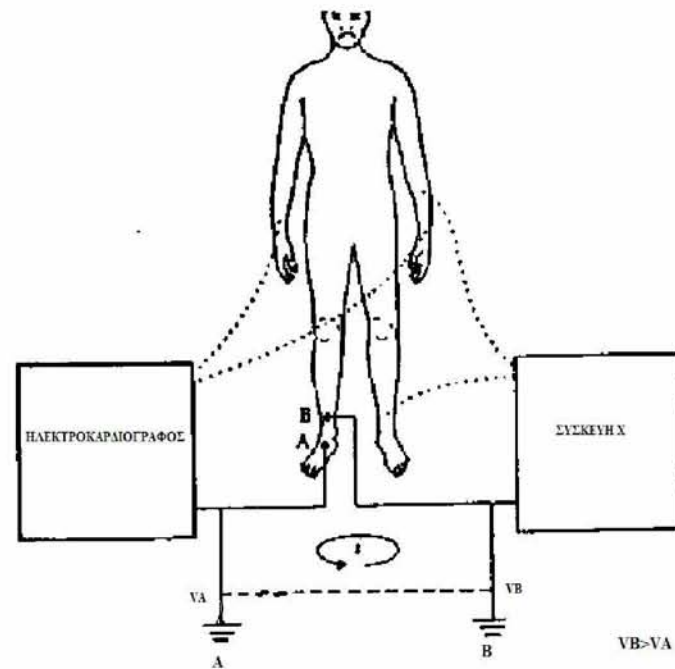
Εικόνα 8.2 Παραμόρφωση του ΗΚΓ λόγω κορεσμού του ενισχυτή. (α) μη παραμορφωμένο ΗΚΓ, (β) ψαλιδισμένο ΗΚΓ στις κορυφές λόγω θετικού κορεσμού του ενισχυτή, (γ) ψαλιδισμένο ΗΚΓ στις χαμηλές τάσεις λόγω του αρνητικού κορεσμού του ενισχυτή.[4]

8.3 ΒΡΟΧΟΙ ΓΕΙΩΣΗΣ

Οι βρόχοι γείωσης εμφανίζονται λόγω του γεγονότος ότι ο ασθενής συνδέεται ταυτόχρονα και με άλλες συσκευές εκτός του ηλεκτροκαρδιογράφου και μπορούν να προκαλέσουν 50 Hz θόρυβο στην καταγραφή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος εάν ο ασθενής είναι συνδεδεμένος ταυτόχρονα και με άλλη συσκευή αλλά έχει ξεχωριστό σύστημα γείωσης.

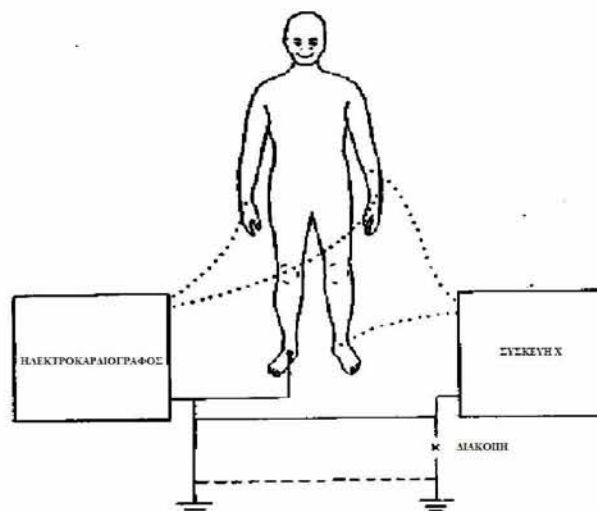
Στο σχήμα (α) βλέπουμε ότι κάθε συσκευή είναι γειωμένη ξεχωριστά και επίσης συνδεδεμένη στον ασθενή, ώστε να υπάρχει μια κλειστή διαδρομή από τη γείωση A του ηλεκτροκαρδιογράφου στη γείωση B της συσκευής. Το δυναμικό του σημείου B μπορεί για οποιοδήποτε λόγο να γίνει μεγαλύτερο από το δυναμικό του σημείου A. Αυτό σημαίνει ότι θα κυκλοφορήσει ένα ρεύμα από τη γείωση B και μέσω του σώματος του ασθενή θα φτάσει στη γείωση του ηλεκτροκαρδιογράφου. Εάν ο λόγος απόρριψης κοινού σήματος δεν είναι αρκετά μεγάλος τότε το σήμα που μετράμε θα παραμορφωθεί. Σε κάποιες

περιπτώσεις μπορεί να προκληθεί και ηλεκτροπληξία του ασθενή λόγω αυτού του ρεύματος. [10]



Εικόνα 8.3 (α) Βρόχοι γείωσης ηλεκτροκαρδιογράφου και συσκευής Χ [10]

Αντίθετα στο σχήμα (β) βλέπουμε έναν τρόπο που μπορούν να εξαλειφθούν οι βρόχοι γείωσης, συνδέοντας τις δύο συσκευές με μια κοινή γείωση και έχοντας μόνο ένα κοινό σημείο με τον ασθενή. Σε αυτήν την περίπτωση ο ασθενής δεν κινδυνεύει να πάθει ηλεκτροπληξία. [10]



Εικόνα 8.15 (β) Βρόχοι γείωσης ηλεκτροκαρδιογράφου και συσκευής Χ [10]

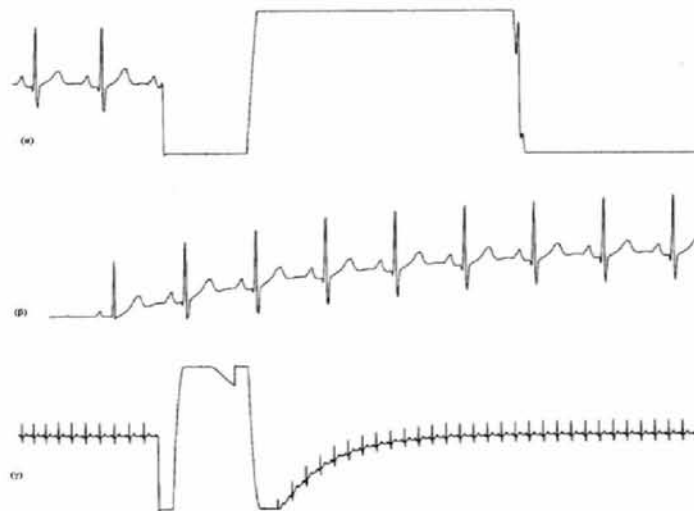
8.4 ΕΛΕΥΘΕΡΟΙ ΑΓΩΓΟΙ

Για τους ελεύθερους αγωγούς το πρόβλημα οφείλεται στην κακή επαφή μιας απαγωγής σήματος ή στην αποσύνδεση κάποιου αγωγού από τους ακροδέκτες που λαμβάνουν το βιοδυναμικό σήμα. Αν συμβεί αυτό, στο ελεύθερο πλέον άκρο του αγωγού μπορεί να εισαχθούν σχετικά υψηλές τιμές δυναμικού καθώς δρα πλέον ως δέκτης, κεραία, όλων των παρακείμενων παρεμβολών. Αυτές οι τιμές δυναμικού παράγονται από γραμμές τροφοδοσίας ή από άλλα ηλεκτρικά πεδία της γύρω περιοχής και προκαλούν υψηλή παραμόρφωση στο βιοδυναμικό σήμα.

8.5 ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΛΟΓΩ ΙΣΧΥΡΩΝ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Εδώ αναφερόμαστε στην περίπτωση της καρδιακής απινίδωσης, στην οποία εφαρμόζεται στο στήθος του ασθενούς ένας ηλεκτρικός παλμός υψηλής τάσης και έντασης και παρατηρούνται ισχυρά μεταβατικά δυναμικά κατά μήκος των ηλεκτροδίων. Σε αυτήν την περίπτωση, προκαλείται μία απότομη απόκλιση στο ηλεκτροκαρδιογράφημα. Οι ενισχυτικές βαθμίδες οδηγούνται στον κόρο λόγω του μεγάλου πλάτους παλμού που εφαρμόζεται στις εισόδους τους και παραμένουν εκεί για κάποια χρονική διάρκεια μέχρι να απομακρυνθούν τα φορτία και να επιστρέψει πάλι το σήμα στη στάθμη αναφοράς (baseline).

Εκτός από την απινίδωση που προαναφέρθηκε μπορεί να προκληθεί αλλοίωση σήματος λόγω τριβής των ηλεκτροδίων, δηλαδή να δημιουργηθεί στατικός ηλεκτρισμός και το ηλεκτροκαρδιογράφημα να εμφανίσει μεγαλύτερο πλάτος από το κανονικό. Επίσης, κάποιες αλλοιώσεις μπορεί να προκληθούν από τη δημιουργία στατικού ηλεκτρισμού πάνω στον ασθενή και τη σταδιακή αποφόρτισή του. Παλαιότερα συνέβαιναν τέτοια φαινόμενα διότι ο χειριστής επέλεγε τα διάφορα ηλεκτρόδια εξωτερικά με ένα διακόπτη. Στις μέρες μας το φαινόμενο αυτό έχει εξαλειφθεί διότι στους ηλεκτροκαρδιογράφους της νέας γενιάς η μεταγωγή γίνεται αυτόματα .[11]



Εικόνα 8.16 (α) η έναρξη του μεταβατικού φαινομένου, (β) Συνέχεια του φαινομένου και η αρχή της αποκατάστασης, (γ) Όμοια μετάβαση με μειωμένη ενίσχυση[11]

8.6 ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ ΑΠΟ ΑΛΛΕΣ ΓΕΙΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Οι σημαντικές παρεμβολές του ηλεκτροκαρδιογράφου προέρχονται συνήθως από το δίκτυο τροφοδοσίας ηλεκτρικής ισχύος. Εκτός από τον ηλεκτροκαρδιογράφο, ο οποίος βρίσκεται συνδεδεμένος με το ηλεκτρικό δίκτυο, προφανώς στον ίδιο χώρο θα συνδέονται και άλλες συσκευές στις γραμμές τροφοδοσίας. Οι γραμμές τροφοδοσίας δημιουργούν ηλεκτρικά πεδία, τα οποία μπορούν να συζευχθούν με τον ασθενή, τις απαγωγές του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και τον ίδιο τον ηλεκτροκαρδιογράφο.

8.7 ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ

Μία πηγή παρεμβολών από τις γραμμές μεταφοράς είναι η μαγνητική επαγωγή. Το ηλεκτρικό ρεύμα στις γραμμές μεταφοράς δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο στη γύρω περιοχή τους. Όταν το μαγνητικό πεδίο περάσει μέσα από έναν απλό βρόχο, που αποτελείται από τη συσκευή του ηλεκτροκαρδιογράφου, τον ασθενή και τα καλώδια των απαγωγών τότε εφαρμόζεται μία τάση και κυκλοφορεί ένα ρεύμα στο βρόχο. Η τιμή της τάσης είναι ανάλογη με την ισχύ του μαγνητικού πεδίου και του μεγέθους της επιφάνειας που περικλείει ο βρόχος. Η μαγνητική παρεμβολή μπορεί να μειωθεί:

- Με την χρήση της μαγνητικής θωράκισης των πηγών του μαγνητικού πεδίου.
- Με το να κρατήσουμε μακριά από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, τον ηλεκτροκαρδιογράφο και τα ηλεκτρόδια των απαγωγών του που είναι μια αρκετά δύσκολη λύση.
- Μειώνοντας την ενεργό διατομή του βρόχου.

8.8 ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΠΥΚΝΩΤΗ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΜΕ ΤΟ ΣΩΜΑ ΤΟΥ ΑΣΘΕΝΗ

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ότι το ρεύμα μετατόπισης I_{db} ρέει μέσω της αντίστασης Z_G προς τη γη και δημιουργείται μια πτώση τάσης που τελικά αποτελεί την τάση κοινού σήματος και εμφανίζεται σε όλο το σώμα, $V_{cm} = I_{db} * Z_G$. Με αντικατάσταση μάλιστα των τυπικών τιμών παίρνουμε:

$$V_{cm} = (0.2 \mu A) * (50 K \Omega) = 10 mV$$

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ότι το ρεύμα μετατόπισης I_{db} ρέει μέσω της αντίστασης Z_G προς τη γη και δημιουργείται μια πτώση τάσης που τελικά αποτελεί την τάση κοινού σήματος και εμφανίζεται σε όλο το σώμα, $V_{cm} = I_{db} * Z_G$. Με αντικατάσταση μάλιστα των τυπικών τιμών παίρνουμε:

$$V_{cm} = (0.2 \mu A) * (50 K \Omega) = 10 mV$$

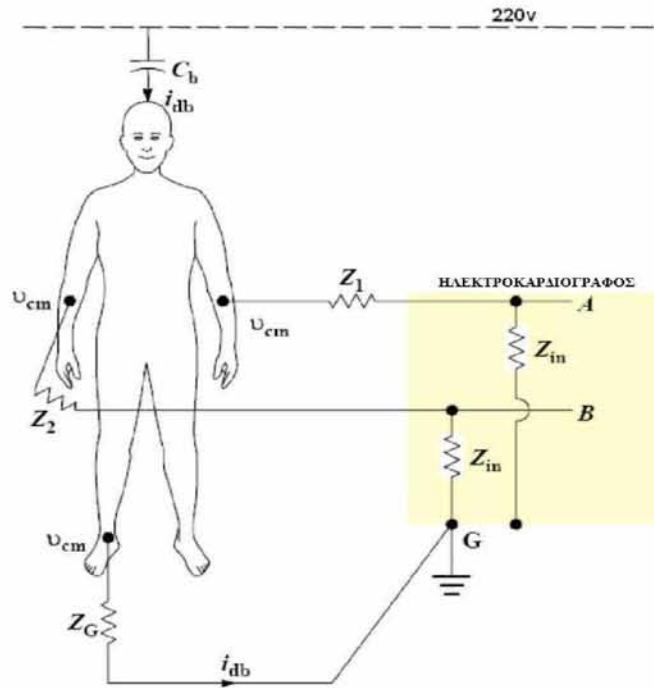
Σε ηλεκτρικό περιβάλλον με $I_{db} > 1 \mu A$, η V_{cm} μπορεί να είναι και μεγαλύτερη από 50mV. Οι πραγματικοί ενισχυτές έχουν πεπερασμένη αντίσταση εισόδου Z_{in} , οπότε έχουμε λόγο απόρριψης κοινού σήματος (CMRR). Έτσι η V_{cm}

μειώνεται λόγω της εξασθένησης που εισάγουν τόσο η αντίσταση επαφής δέρματος και απαγωγής όσο και η αντίσταση εισόδου Z_{in} . Οπότε έχουμε:

$$V_A - V_B = V_{cm} * ((Z_2 - Z_1) / Z_{in})$$

Αντικαθιστώντας τυπικές τιμές έχουμε:

$$V_A - V_B = 10\mu V * (20K\Omega / 5K\Omega) = 40\mu V [12]$$



Εικόνα 8.6 Σύνδεση του πυκνωτή σύζευξης με το σώμα του ασθενή[12]

8.9 ΧΡΗΣΗ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΣΤΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΓΩΓΕΣ

Η υλοποίηση αυτών των συζεύξεων γίνεται με τη μορφή μικροσκοπικών πυκνωτών (χωρητική σύζευξη) και συνδέουν τις γραμμές μεταφοράς με τον ασθενή, τις απαγωγές και τον ηλεκτροκαρδιογράφο.

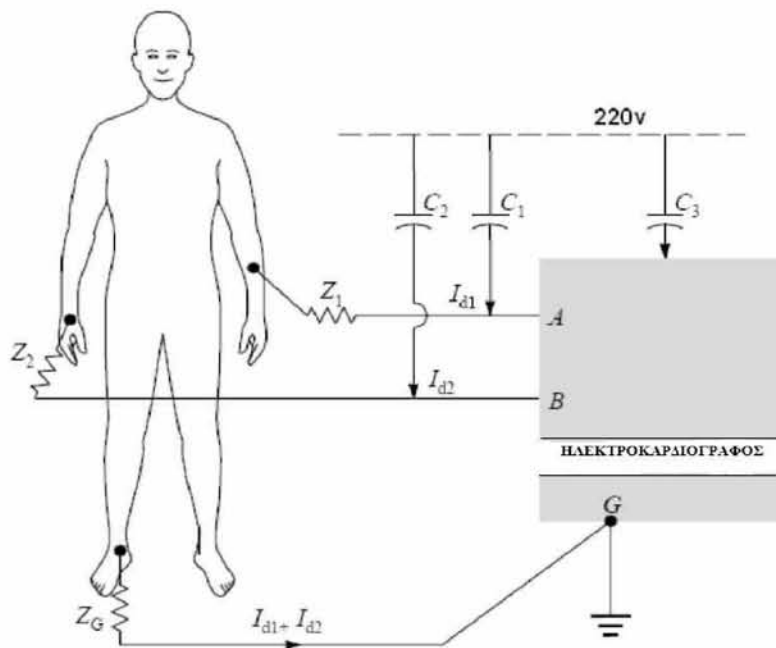
Αναλυτικότερα, σύμφωνα με την Εικόνα 8.24, το ρεύμα μέσω του πυκνωτή C3 ρέει προς τη γείωση και δεν προκαλεί καμιά παρεμβολή. Ο πυκνωτής C1 και ο πυκνωτής C2 βρίσκονται μεταξύ των γραμμών μεταφοράς και των απαγωγών σήματος του ηλεκτροκαρδιογράφου. Το ρεύμα I_{d1} δεν ρέει προς τον ηλεκτροκαρδιογράφο, λόγω της μεγάλης αντίστασης εισόδου αλλά οδεύει προς τη γείωση μέσω των Z_1 και Z_G . Η αντίσταση του σώματος είναι περίπου 500ohm και οι Z_1 , Z_2 και Z_G συμβολίζουν τις αντιστάσεις επαφής των ηλεκτροδίων και του σώματος. Όμοια βλέπουμε ότι το ρεύμα I_{d2} δεν ρέει

προς τον ηλεκτροκαρδιογράφο αλλά μέσω των Z_2 και Z_G ρέει προς τη γείωση. Η τάση που ενισχύεται στο κύκλωμα είναι αυτή που εμφανίζεται μεταξύ των εισόδων A και B δηλαδή $V_A - V_B$, όπου $V_A - V_B = i_{d1} \cdot Z_1 - i_{d2} \cdot Z_2$

Οι Huhta και Webster (1973) πρότειναν ότι εάν οι δύο απαγωγές βρίσκονται η μία πλάι στην άλλη τότε: $i_{d1} \approx i_{d2}$

Άρα : $V_A - V_B = i_{d1} \cdot (Z_1 - Z_2)$

Οι τιμές που έχουν μετρηθεί για καλώδιο μήκους 9m δίνουν ένα ρεύμα $i_d \approx 6\text{nA}$. Η αντίσταση επαφής ηλεκτροδίου - σώματος μπορεί να είναι της τάξης των 20KΩ οπότε: $V_A - V_B = (6\text{nA}) \cdot (20\text{K}\Omega) = 120\mu\text{V}$. Βλέπουμε ότι η τιμή της τάσης είναι πολύ μεγάλη άρα θα αλλοιώνει σε σημαντικό βαθμό το σήμα.[13]



Εικόνα 8.7 Ηλεκτρικό πεδίο σύζευξης[13]

ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

9.1 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑΣ ΗΚΓ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΕΙΞΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΟΥ

Στην αρχική σελίδα της ιστοσελίδας παρουσιάζονται πληροφορίες για το φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα, δίνονται οι τιμές των κυμάτων QRS, PQ, QT και αναπαριστώνται γραφικά. Επίσης, υπάρχουν οι επιλογές «Απαγωγές», όπου παρουσιάζονται οι θέσεις των απαγωγών για τις κλασσικές, τις μονοπολικές απαγωγές των άκρων και τις προκάρδιες μονοπολικές απαγωγές, καθώς και η επιλογή «Πληροφορίες-Βιβλιογραφία» όπου δίνονται πληροφορίες για την ιστοσελίδα και το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία της. Ακόμη, δίνονται οι διάφορες κατηγορίες των παθήσεων της καρδιάς, «Φλεβοκομβικός Ρυθμός», «Διαταραχές της Αγωγιμότητας», «Αρρυθμίες», «Υπερτροφία Καρδιακής Κοιλότητας» και «Ισχαιμική καρδιακή νόσος».

Για κάθε μια από τις παραπάνω παθήσεις της καρδιάς υπάρχει μια υποκατηγορία με πιο εξειδικευμένες περιπτώσεις για την κάθε μία, όπου παρουσιάζεται το χαρακτηριστικό ηλεκτροκαρδιογράφημα και σχολιασμός του, τα αίτια της πάθησης και χαρακτηριστικά αυτής.

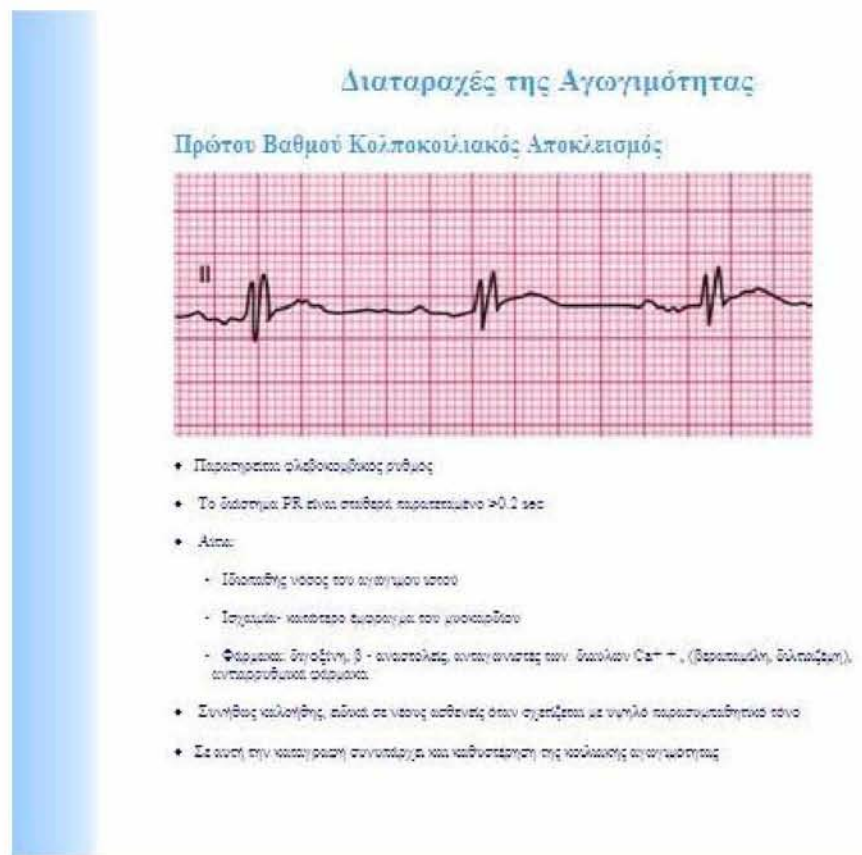
9.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΩΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΚΟΛΠΟΚΟΙΛΙΑΚΟ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟ

Ο κολποκοιλιακός αποκλεισμός πρώτου βαθμού εντάσσεται στην κατηγορία διαταραχές της αγωγιμότητας όπως φαίνεται και στην Εικόνα 9.1



Εικόνα 9.1 Υποκατηγορίες της διαταραχής της αγωγιμότητας

Επιλέγοντας Πρώτου Βαθμού Κολποκοιλιακός Αποκλεισμός από τη λίστα, εμφανίζεται νέα σελίδα με σχετικές πληροφορίες. Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται το χαρακτηριστικό ηλεκτροκαρδιογράφημα και σχόλια πάνω σε αυτό όπως, ότι παρατηρείται βλεβοκομβικός ρυθμός και ότι το διάστημα PR είναι σταθερά παρατεταμένο >0.2 sec. Επίσης, αναφέρονται τα αίτια της εμφάνισης κολποκοιλιακού αποκλεισμού τα οποία είναι η ιδιοπαθής νόσος του αγωγίμου ιστού, η ισχαιμία (κατώτερο έμφραγμα του μυοκαρδίου), και τα φάρμακα (διγοξίνη, β - αναστολείς, ανταγωνιστές των διαύλων Ca^{++} , αντιαρρυθμικά φάρμακα). Τέλος δίνονται μερικές πληροφορίες για τον κολποκοιλιακό αποκλεισμό πρώτου βαθμού όπως ότι συνήθως είναι καλοήθης, ειδικά σε νέους ασθενείς όταν σχετίζεται με υψηλό παρασυμπαθητικό τόνο.



Εικόνα 9.2 Πρώτου Βαθμού Κολποκοιλιακός Αποκλεισμός

9.3 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑΣ

Αρχική

Ασκήσεις

Πληροφορίες Βιβλιογραφίας

Φυσιολογικός Ρυθμός

Διαταραχές της Αγωγιμότητας

Αρρυθμίες

Υπερτροφία Καρδιακής Καμιάτης

Ισχαιμική Καρδιακή Νόσος

ΗΚΓ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΕΙΞΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΟΥ

ΜΑΘΗΜΑ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΙΑΤΡΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Ηλεκτροκαρδιογράφημα

Φυσιολογικά Διαστήματα

PR 0.12 – 0.20 sec

QRS <0.1 sec

QT <0.42 sec

Διαταραχές της Αγωγιμότητας

Υποκατηγορίες

1. Πρώτου Βαθμού Καρδιακογενούς Αποκλεισμός

2. Δευτέρου Βαθμού Καρδιακογενούς Αποκλεισμός (Τύπου 1 Mobitz, Wenckebach)

3. Δευτέρου Βαθμού Καρδιακογενούς Αποκλεισμός - Τύπου 2 Mobitz

4. Πλήρους καρδιακογενούς αποκλεισμός - Ξερό σύμπλεγμα QRS

5. Πλήρους καρδιακογενούς αποκλεισμός - Ευρύ σύμπλεγμα QRS

6. Αποκλεισμός Δεξιού Στέλλους

7. Αποκλεισμός Αριστερού Στέλλους

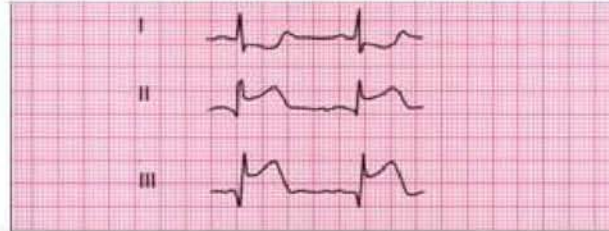
8. Αριστερός Πρόσθιος Μυοκαρδιακός Αποκλεισμός

9. Διάσπαστος αποκλεισμός

10. Τριδασμικός Αποκλεισμός

Ισχαιμική Καρδιακή Νόσος

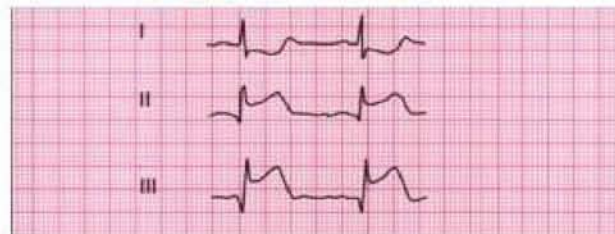
Οξύ Κατώτερο Έμφραγμα του Μυοκαρδίου



- ♦ Υπεροξεία ανύψωση του τμήματος ST στις κατώτερες απεικονίσεις
- ♦ Υπάρχει εκτεταμένη αμοιβαία αντιστροφή στις προσθίες και πλάγιες απεικονίσεις με εκτεταμένη ανύψωση του τμήματος ST (δεν φαίνεται)
- ♦ Υπάρχει συχνή επίσης αποκλισημός πρώτου βαθμού (δεν φαίνεται)
- ♦ Οι ανωμαλίες της κολποκοιλιακής αγωγιμότητας συχνότερα εμφανίζονται στα κατώτερα εμφράγματα του μυοκαρδίου, αλλά συνήθως είναι παροδικές και μπορεί να μην χρειαστούν προσωρινή βηματοδότηση

Ισχαιμική Καρδιακή Νόσος

Οξύ Κατώτερο Έμφραγμα του Μυοκαρδίου



- ♦ Υπεροξεία ανύψωση του τμήματος ST στις κατώτερες απεικονίσεις
- ♦ Υπάρχει εκτεταμένη αμοιβαία αντιστροφή στις προσθίες και πλάγιες απεικονίσεις με εκτεταμένη ανύψωση του τμήματος ST (δεν φαίνεται)
- ♦ Υπάρχει συχνή επίσης αποκλισημός πρώτου βαθμού (δεν φαίνεται)
- ♦ Οι ανωμαλίες της κολποκοιλιακής αγωγιμότητας συχνότερα εμφανίζονται στα κατώτερα εμφράγματα του μυοκαρδίου, αλλά συνήθως είναι παροδικές και μπορεί να μην χρειαστούν προσωρινή βηματοδότηση

Διαταραχές της Αγωγιμότητας

Πρώτου Βαθμού Κολποκοιλιακός Αποκλεισμός



- Παρατηρείται φλεβοκομβικός ρυθμός
- Το διάστημα PR είναι σταθερά παρατεταμένο >0.2 sec
- Αίτια:
 - Ιδιοπαθής νόσος του αγωγικού ιστού
 - Τοξικότητα καρδιακού εμβολισμού του μυοκαρδίου
 - Φάρμακα: Digitalis, β -αναστολέες, ανταγωνιστές των διαύλων Ca^{++} , (Βεραπαμίλη, Διλταζέμη), αντιαρρυθμικά φάρμακα
- Συνήθως καλοήγητος, ειδικά σε νέους ασθενείς όταν σχετίζεται με υψηλό παρασυμπαθητικό τόνο
- Σε αυτή την καταγραφή συνυπάρχει και καθυστέρηση της κοιλιακής αγωγιμότητας

9.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μελέτη της ανατομίας και φυσιολογίας της καρδιάς καθώς και των ηλεκτρικών σημάτων που παράγει. Επίσης, εξετάσαμε τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να λάβουμε και να αξιοποιήσουμε τα σήματα αυτά και μελετήσαμε τις ηλεκτροκαρδιογραφικές απαγωγές σύμφωνα με τις οποίες γίνεται η σύνδεση των ηλεκτροδίων με το ανθρώπινο σώμα που απαιτείται για τη σωστή λειτουργία του ηλεκτροκαρδιογράφου.

Ακόμη, αναλύσαμε τα χαρακτηριστικά του φυσιολογικού καρδιογραφήματος και παρουσιάσαμε την ηλεκτροκαρδιογραφική ερμηνεία των ανωμαλιών του μυοκαρδίου και των στεφανιαίων αγγείων. Μελετήσαμε τον ηλεκτροκαρδιογράφο και τους διαφορετικούς τύπους του, ανάλογα με τις προδιαγραφές που μπορεί να έχει αλλά και με τον τρόπο που λαμβάνει το ηλεκτροκαρδιογράφημα

Επιπλέον, χρησιμοποιήσαμε τον ηλεκτροκαρδιογράφο AsCARD B5 ECO MR. GREEN και μελετήσαμε τις δυνατότητές του. Έγινε επίδειξη της λειτουργίας του και διαπιστώσαμε κατά τη χρήση του ότι υπάρχουν πολλές επιλογές για τη λήψη ενός ηλεκτροκαρδιογραφήματος όπως η αυτόματη εξέταση, η χειροκίνητη εξέταση, η αλλαγή παραμέτρων και η δημιουργία αντιγράφων. Επισημάναμε προβλήματα που μπορεί να παρουσιαστούν κατά λειτουργία του όπως η παραμόρφωση συχνότητας, ο κορεσμός ενισχυτή και παραμόρ-

~ 90 ~

φωση ψαλιδισμού, οι βρόχοι γείωσης, οι ελεύθεροι αγωγοί, οι αλλοιώσεις λόγω ισχυρών μεταβατικών φαινομένων, παρεμβολές από γειτονικές συσκευές, μαγνητικές παρεμβολές, η σύνδεση του πυκνωτή σύζευξης με το σώμα του ασθενή και η χρήση πυκνωτών σύζευξης με το στις ηλεκτροκαρδιογραφικές απαγωγές.

Τέλος, δημιουργήσαμε μία ιστοσελίδα στην οποία παρουσιάζονται βασικές αρχές της ηλεκτροκαρδιογραφίας καθώς και οι φυσιολογικές τιμές των κυμάτων που εμφανίζονται στο ηλεκτροκαρδιογράφημα. Επίσης, παρουσιάζονται διάφορες παθήσεις της καρδιάς, ο τρόπος με τον οποίο αυτές αποτυπώνονται στο χαρτί, τα αίτια αυτών καθώς και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματά τους.

Το λογισμικό αυτό και η παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν ως εκπαιδευτικό βοήθημα στα πλαίσια του μαθήματος Τεχνολογία Ιατρικού Εξοπλισμού. Επίσης, προτείνεται για μελλοντική έρευνα και ως συνέχεια τις παρούσας εργασίας, η δημιουργία βάσης δεδομένων με όλες τις εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν στην ιστοσελίδα ως βιβλιοθήκη για την άμεση σύγκριση δεδομένων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Cardiology>
- [2] <http://www.livepedia.gr/index.php/Καρδιά>
- [3] <http://www.incardiology.gr/kardia/kardia.htm>
- [4] Εισαγωγή στη Βιοϊατρική Τεχνολογία και Ανάλυση Ιατρικών Σημάτων, Δ. Κουτσούρης-Σ. Παυλόπουλος-Α. Πρέτζα, εκδόσεις Τζιόλα
- [5] Στοιχεία Ηλεκτροκαρδιογραφίας και Εισαγωγή στη Κλινική Ηλεκτροκαρδιογραφία, Ιωάννου Π. Γεωργίου
- [6] Κλινικό Ηλεκτροκαρδιογράφημα, ARY LOUIS GOLDBERGER-EMANUEL GOLDBERGER, ιατρικές εκδόσεις Λίτσας
- [7] Το Ηλεκτροκαρδιογράφημα στην Κλινική Πράξη, Γεώργιος Παπαζάχος, ιατρικές εκδόσεις Λίτσας, 5^η Έκδοση
- [8] Ηλεκτροκαρδιογράφημα Γνώση και Χρήση, Δημήτριος Ι. Χατσέρας-Νικόλαος Κ. Γκότσης, 2^η Έκδοση
- [9] Οδηγίες Χρήσης Ηλεκτροκαρδιογράφου
- [10] <http://www.alkhateeb.com/Courses/EE471/ECG.ppt>
- [11] <http://users.rowan.edu/~polikar/CLASSES/ECE404/Lecture11.pdf>
- [12] <http://www.eelab.usyd.edu.au/ELEC3801/notes/ecg.pdf>
- [13] <http://www.utdallas.edu/~dinesh/teaching/BIOMED/ECG.pdf>

